

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ASTRONOMIA



Autor: Abelardo Pedro Nobre Junior

Orientação: Dra. Vera Aparecida Fernandes Martin

Feira de Santana

2020

CURSO BÁSICO DE ASTRONOMIA

Feira de Santana

2020

Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

Nobre Junior, Abelardo Pedro

N671c Curso básico de Astronomia / Abelardo Pedro Nobre Junior. – Feira de Santana, 2020.

77f.: il.

Produto educacional apresentado ao Mestrado Profissional em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana sob a orientação de Vera Aparecida Fernandes Martin.

1. Astronomia – Estudo e ensino. I. Título.

CDU: 521/525(07)

Rejane Maria Rosa Ribeiro – Bibliotecária CRB-5/695

ÍNDICE

Lista de Figuras.....	05
Lista de Tabelas.....	08
Introdução.....	09
Cronograma do curso.....	10
1-História da Astronomia.....	11
2-Esfera Celeste, coordenadas e medidas.....	26
3-Movimentos Celestes.....	34
4-Sistema Solar.....	43
5-Estrelas.....	54
6-Constelações.....	61
7-Galáxias, nebulosas, aglomerados.....	65
Links Recomendados.....	75
Referências.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pintura Rupestre.....	11
Figura 2: Stonehenge.....	12
Figura 3: Constelação da Ema.....	13
Figura 4: Homero Hesíodo.....	14
Figura 5: Anaximandro.....	15
Figura 6: Anaximenes.....	15
Figura 7: Modelo de Erastotenes.....	17
Figura 8: Modelo de Sistema Solar de Ptolomeu.....	18
Figura 9: Roger Bacon.....	20
Figura 10: Tomas de Aquino.....	21
Figura 11: Dante Aligheire.....	21
Figura 12: Modelo de Sistema Solar de Copérnico.....	21
Figura 13: Galileu.....	23
Figura 14: Kepler.....	24
Figura 15: Telescópio Hubble.....	26
Figura 16: Rosa dos Ventos.....	27
Figura 17: Esfera Celeste- longitude e latitude.....	29
Figura 18: Esfera Celeste- Zenite e Nadir.....	30

Figura 19: Lua Minguante Nova.....	39
Figura 20: Lua Quarto Crescente.....	40
Figura 21: Lua Cheia.....	40
Figura 22: Lua quarto Minguante.....	41
Figura 23: Modelo do Sistema Solar.....	43
Figura 24: Mercúrio.....	44
Figura 25: Vênus.....	45
Figura 26: Terra.....	46
Figura 27: Lua.....	46
Figura 28: Marte.....	47
Figura 29: Júpiter.....	47
Figura 30: Saturno.....	48
Figura 31: Urano.....	49
Figura 32: Netuno.....	49
Figura 33: Plutão.....	50
Figura 34: Cinturão de Kuiper.....	51
Figura 35: Nuvem de Oort.....	52
Figura 36: Exoplaneta.....	53
Figura 37: Classificação Espectral.....	57
Figura 38: Ursa Maior.....	64

Figura 39: Constelação Cruzeiro do Sul.....	65
Figura 40: Galáxia Espiral.....	66
Figura 41: Galáxia Espiral Barrada.....	67
Figura 42: Galáxia Elíptica.....	67
Figura 43: Galáxia Irregular.....	68
Figura 44: Via Láctea.....	69
Figura 45: Nebulosas.....	71
Figura 46: Aglomerado estelar.....	72
Figura 47: Aglomerado aberto.....	73
Figura 48: Aglomerados globulares.....	74

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Unidade de Medida.....	32
TABELA 2: Inclinação de Órbitas dos Planetas.....	36
TABELA 3: Comparação entre os Planetas.....	52
TABELA 4: Espectro Eletromagnético.....	55

INTRODUÇÃO

O céu noturno é o que há de mais democrático entre as belezas que vemos em nosso viver, pode ser visível por ricos e pobres, cristãos e ateus, doutores e leigos. Sua interpretação durante toda existência da humanidade motivou e motiva o avanço necessário à compreensão dos fenômenos naturais, e por meio disto, o entendimento da relação do homem com a natureza e do próprio homem consigo mesmo. Observar o cosmos é muitas vezes, procurar entender a frase eternizada por Carl Sagan “O cosmos é tudo que existiu, existe e existirá”.

Estudar o céu buscando respostas para o que se vê e para o que acontece aqui na Terra, relacionando os fenômenos celestes a fenômenos terrestres, proporcionou a diversas civilizações descobertas importantíssimas para superação de dificuldades, quanto à própria sobrevivência. Desde os egípcios antigos que por meio da observação dos céus sabiam quando plantar e quando colher. Já nas grandes navegações, guiar-se pelas estrelas era algo vital, e hoje as comunicações que ocorrem de forma mais avançada tem seus princípios científicos e tecnológicos relacionados intrinsicamente com os avanços da Astronomia e Astronáutica.

O curso básico de Astronomia, foi desenvolvido tendo como amparo a própria BNCC que na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, propõe um estudo interdisciplinar da Matéria e Energia, vida e evolução, Terra e Universo. Este curso teve como público alvo, inicialmente, estudantes do IFAL, Campus Murici, Alagoas.

A natureza interdisciplinar da Astronomia proporciona um leque de oportunidades para todas as áreas do conhecimento, disponibilizando práticas e ações que podem ser trabalhadas de diversas formas e em diversos ambientes, para proporcionar ao educando e ao educador um aprendizado motivador. Para realização do curso a referida apostila tem papel fundamental como fonte de informação para as aulas expositivas. Já a utilização do programa computacional Stellarium facilita a identificação dos astros no céu e auxiliado por um telescópio facilitará as aulas práticas de observação.

Desta forma, este curso visa oportunizar o conhecimento científico da Astronomia, bem como da sua divulgação sendo parte integrante da Dissertação de

Mestrado intitulada “Um curso de Astronomia”, desenvolvida no Mestrado Profissional em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana (Nobre Jr., 2020).

CRONOGRAMA DO CURSO

1º Dia	<ul style="list-style-type: none"> • História da Astronomia • Esfera Celeste e avaliação dos conteúdos do dia • Aula Prática – observações do céu. 	<p>1h30</p> <p>2h</p> <p>1h30</p>
2º Dia	<ul style="list-style-type: none"> • Constelações • Movimentos celestes e avaliação dos conteúdos do dia • Aula prática – observações do céu 	<p>1h30</p> <p>2h</p> <p>1h30</p>
3º Dia	<ul style="list-style-type: none"> • Estrelas • Galáxias e avaliação dos conteúdos do dia • Aula prática – observações do céu 	<p>1h30</p> <p>2h</p> <p>1h30</p>
4º Dia	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema Solar e Avaliação dos conteúdos do dia • Aula prática – observações do céu 	<p>3h50</p> <p>1h10</p>

1. HISTÓRIA DA ASTRONOMIA.



Figura 1. PINTURA RUPESTRE (fonte: <http://www.escolaeducacao.com.br>)

1.1.A ASTRONOMIA NA PRÉ-HISTÓRIA E NA ANTIGUIDADE

O céu sempre despertou interesse, fascínio e curiosidade nos homens. Era intrigante o fato de aquela bola de fogo surgir, cruzar o céu e depois desaparecer, dando lugar a inúmeros pontos brilhantes na escuridão. Todos os povos antigos tinham uma visão simbólica do universo, personificando cada forma e força em entidades diferentes, relacionando-as com suas crenças, mitos e religiões. Desta maneira surgiu a Astronomia primitiva, apresentando ideias de um mundo repleto de forças invisíveis.

A imagem acima apresenta uma pintura rupestre encontrada na Serra da Capivara Brasil, que representa a necessidade e já um pouco de conhecimento de Astronomia do homem pré-histórico.



Figura 2. STONEHENGE (fonte: <https://ufo.com.br>)

Outro forte indício da prática da Astronomia entre os primeiros homens é o Stonehenge, um monumento megalítico da Idade da Pedra localizado no sul da Inglaterra; durante muito tempo atribuíam lendas e mitos a respeito deste megálito (Figura 2). Uma das possibilidades é o mesmo ter sido projetado para permitir observações de fenômenos astronômicos como solstícios de verão e inverno.

As civilizações antigas, como os chineses, registraram aparições de cometas, observavam eclipses e utilizaram instrumentos de medição. Já os mesopotâmicos, observavam as estrelas durante séculos. Textos antigos revelam que os babilônicos realizavam observações frequentes do céu, o que permitia “prever” acontecimentos astronômicos, tais como, eclipses lunares, solares, movimentos de planetas e etc.

1.2.ASTRONOMIA INDÍGENA BRASILEIRA

A observação do céu sempre esteve na base do conhecimento de todos os povos antigos, pois eles foram profundamente influenciados pela confiante precisão do desdobramento cíclico de certos fenômenos celestes, tais como: o dia – noite, fases da lua e as estações do ano. Os índios brasileiros também perceberam que as atividades de pesca, de caça, coleta e lavoura obedecem a flutuações sazonais, assim buscaram entender as flutuações cíclicas, utilizando para ajudar na sua subsistência.

Os índios brasileiros também agrupavam as estrelas em constelações. Algumas das mais famosas das constelações indígenas eram: a constelação do

homem velho, a Anta do Norte e a Ema. Por exemplo, a constelação da Ema fica na região limitada pelas constelações ocidentais Crux e Scorpius.



Figura 3 CONSTELAÇÃO DA EMA (fonte:[http:// www.ebc.com.br](http://www.ebc.com.br))

1.3. ANTIGUIDADE CLÁSSICA, FILÓSOFOS GREGOS

Nenhuma civilização antiga contribuiu tanto para a Astronomia como a civilização grega, embora muitas outras tenham dado suas contribuições.

Os gregos foram os primeiros a desenvolver o método científico. Começaram a encarar os fenômenos naturais de modo mais cético, onde a ciência passou a ser experimental e objetiva, e o cientista passou a ser um investigador.

Homero e Hesíodo (VII a.c)



Figura 4 HOMERO HESÍODO (fonte: epigrafeshistoricas.blogspot.com)

Em suas obras estão os registros mais antigos que relatam como os gregos viam o universo. Na obra *Odisséia*, Homero relata que a Terra tinha o firmamento em forma de bacia, e que existia um “aither” (éter) acima do “aer” (ar).

Para Homero, o tártaro representava o mal, localizado abaixo da terra, esse modelo gerou uma grande discussão, pois Hades vivia apenas nas trevas, e o Sol não podia passar através do tártaro, tendo como consequência o Sol e os outros astros se esconderem até o nível do oceano; além disso, não havia explicação como o Sol retornava ao oriente todos os dias. Para Hesíodo, a noite era como uma neblina brilhante que surgia ao pôr do Sol, do interior da Terra.

Anaximandro (610 -547 a.C)



Figura 5 ANAXIMANDRO (fonte: pedagogiaaopedaletra.com.br)

Para o mesmo, o universo surgiu de uma matéria primordial, o “ilimitado”, o primeiro elemento a surgir, que deu origem aos outros existentes. Anaximandro propôs que o cosmos teria surgido do desequilíbrio entre o calor e o frio, resultando em uma bola de fogo circundada por uma neblina, e essa bola teria esfriado e contraído, formando a Terra. Nesse processo uma camada de fogo mais externa teria aprisionado uma camada fria, dando origem à atmosfera, onde através de aberturas podemos ver parte do fogo circundante, o Sol, a Lua e as estrelas.

Anaximenes (585- 525 a.C)



Figura 6 ANAXIMENES (fonte:percepolegatto.org)

Para Anaximenes, a terra e os corpos celestes eram planos, semelhantes a uma folha de árvore; segundo suas ideias os astros não se põem abaixo da terra, e

sim fazem uma curva, e se ocultam nas partes mais altas da terra situadas ao norte, acreditando no fato de que as estrelas ao se moverem realizam um círculo na parte norte do céu.

Pitágoras (580- 500 a.C)

Pitágoras foi um dos primeiros a propor que a Terra seria uma esfera. Ele acreditava que centro do universo seria o “fogo central”, que fornecia energia para manter as órbitas dos planetas. A Terra seria o corpo mais próximo do “fogo central”, protegida pela “contra-terra”. Essa seria a razão pela qual não víamos o “fogo-central”.

Aristarco de Samos (310-230 a.C)

Aristarco foi o primeiro a firmar que a terra girava em torno do sol, assim como os demais planetas, mas infelizmente seu modelo foi logo esquecido. Apenas uma obra de Aristarco é conhecida: *Sobre os tamanhos e distancias entre o Sol e a Lua*. Neste tratado, Aristarco realizou cálculos geométricos das dimensões e a distâncias do Sol e da Lua.

Eratóstenes (276-195 a.C)

Por muito tempo, pensou-se que a Terra era plana, pois na superfície fica difícil notar a curvatura da Terra. No entanto, ao nível do mar, onde não há irregularidades como na superfície e, ao observar um navio partindo, percebemos que ele vai desaparecendo no horizonte. Mas, isto pode nos levar a pensar que a Terra é cilíndrica.

Em uns raros papiros da biblioteca de Alexandria, Eratóstenes encontrou a informação de que na cidade de Siena, ao meio dia do solstício de verão do hemisfério norte, o Sol se situava a prumo, sem ocasionar sombras. No entanto o geômetra observou que nesse mesmo dia, em Alexandria, as colunas verticais da cidade projetavam uma sombra diferente. Conforme concluiu, esse fato só poderia ser possível se a Terra fosse redonda. No ano seguinte, Eratóstenes determinou a instalação de uma grande estaca em Alexandria. Ao meio dia, enquanto o Sol iluminava as profundezas do poço em Siena (onde a sombra fazia um ângulo de 90°

com a superfície da terra). Em Alexandria mediu o ângulo da sombra no valor de $7^{\circ}12'$ entre a estaca e o solo, ou seja, aproximadamente $1/50$ dos 360° de uma circunferência. Portanto, o comprimento do meridiano terrestre deveria ser 50 vezes a distância entre Alexandria e Siena.

Para medir a distância entre Siena e Alexandria, Eratóstenes organizou uma equipe de instrutores com camelos e escravos a fim de que a pé seguissem em linha reta, percorrendo desertos, aclives, declives e tendo que inclusive, atravessar o rio Nilo - À distância mensurada foi de 5.000 estádios. Esse valor multiplicado por 50 concluiu-se que o perímetro da circunferência máxima da Terra deveria ser de 250.000 estádios. Não se sabe a equivalência de estádio utilizada em metros, pois obras distintas relatam diferentes conversões.

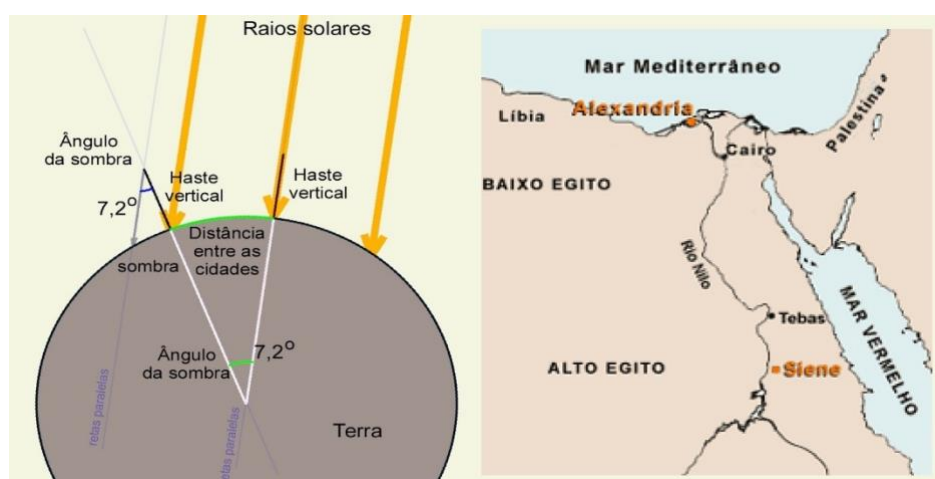


Figura 7 Modelo de Erastostenes (fonte: hid0141blogspot.com)

PTOLOMEU (85-165 ou de 100 a 170)

A Astronomia de Ptolomeu está em seu mais importante trabalho astronômico, conhecido como “Almagesto” (O maior de todos). O Almagesto inclui cinco pontos principais, sendo cada um deles assunto de um capítulo do livro I da coleção de 13 volumes que compõem esse tratado. Os pontos são:

- O domínio celeste é esférico e se move como uma esfera;
- A Terra está no centro do cosmos;
- A Terra é uma esfera;

- A Terra em relação à distância das estrelas fixas, não tem tamanho apreciável e deve ser tratada como um ponto matemático;
- A Terra não se move.

As ideias de Aristóteles tinham um problema observacional: o movimento retrógrado dos planetas. O movimento desenvolvido por Ptolomeu era muito complexo, uma vez que ele pretendia descrever detalhes dos movimentos planetários. Como o seu trabalho estava todo baseado no modelo geocêntrico (a Terra no centro) e no princípio do movimento circular perfeito, foi necessário usar ciclos (epiciclos) em órbitas circulares fora do centro (excêntricas), o que o fez introduzir o conceito de “deferente”.

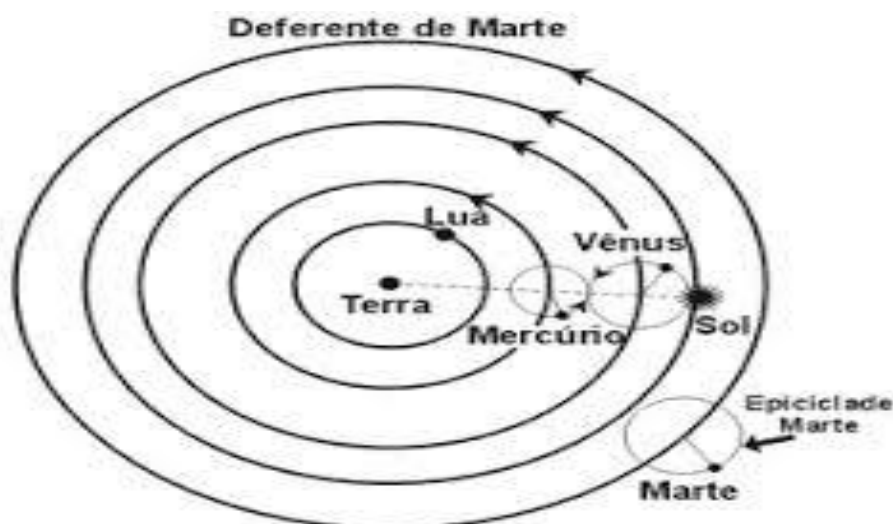


Figura 8 Modelo Sistema Solar de Ptolomeu (fonte:<http://educ.fc.ul.pt>)

Ptolomeu acreditava que as “esferas” descritas no seu modelo giravam porque esse era o movimento natural delas. Assegurava que era adequado atribuir movimento circular uniforme aos planetas porque desordem e não uniformidade eram contrários às coisas divinas. Para ele, o estudo da Astronomia, por lidar com as coisas divinas, era especialmente útil. A Terra era esférica, estacionária e muito pequena em relação à esfera celeste. O mesmo afirmava ainda, que as estrelas eram pontos fixos de luz na superfície da esfera celeste.

1.4. IDADE MÉDIA

No início da Idade Média (século V), também conhecida como Idade das Trevas, a visão sobre o universo na Europa teve certa estagnação. Com o fim do Império Romano Ocidental e a invasão dos diversos povos bárbaros, de cultura mais rudimentar, o então crescente pensamento filosófico sofreu uma pausa. A igreja era única grande instituição remanescente que passou a partir de determinado ponto a não tolerar e a perseguir os que propunham novas ideias, tanto no âmbito teológico quanto no filosófico e científico. Somente no século XII a Idade das Trevas começou a ser dissipada, através do surgimento das primeiras escolas e faculdades.

Robert Grosseteste (1168-1253)

Robert Grosseteste foi o primeiro escolástico a compreender plenamente a visão aristotélica do caminho duplo para o pensamento científico: generalizar as observações particulares para uma lei universal; e depois fazer o caminho inverso: de leis universais para a previsão de situações particulares. Grosseteste chamou isso de método da resolução e composição. Também foi relevante o seu trabalho experimental com espelho e lentes. Seu discípulo, Roger Bacon, herdou sua paixão pela experimentação. As pesquisas de ambos possibilitaram o início da confecção de óculos e futuramente seriam importantes no desenvolvimento de instrumentos ópticos como lunetas e telescópios. Também foi o precursor do método científico e da ideia de subordinação entre as ciências. Ele alegava que, comparando à óptica e a geometria, vemos que a óptica é subordinada à geometria porque a óptica depende da geometria.

Roger Bacon (1220-1292)

Roger Bacon foi um monge franciscano inglês. Acreditava que o método científico significava observar e usar a matemática para comprovar dados obtidos. Para Roger Bacon, era preciso se libertar dos velhos clássicos e criar uma nova ciência.

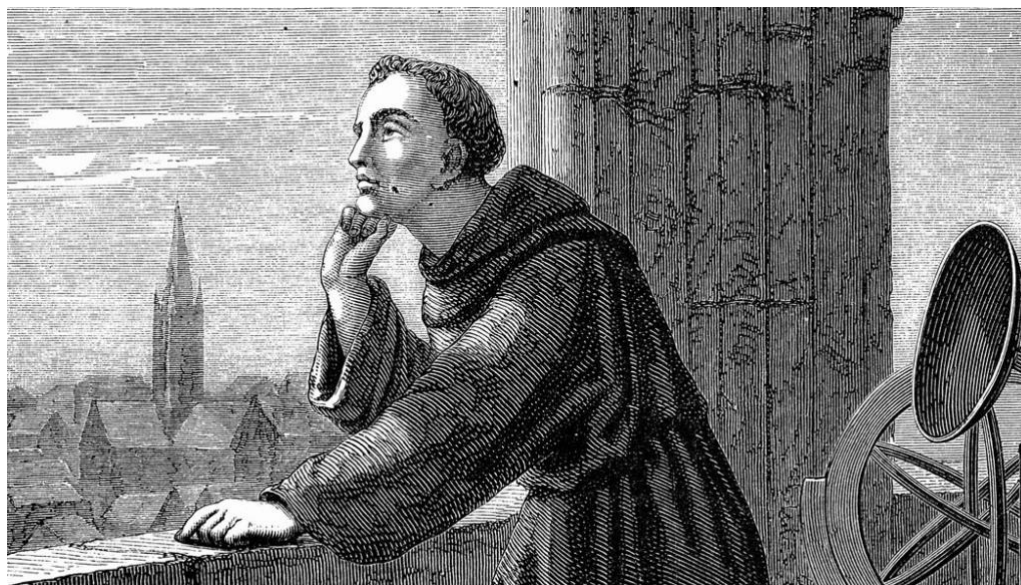


Figura 9 Roger Bacon (fonte:revistagalileu.com.br)

Tomás de Aquino (1224- 1274)

O pensamento filosófico ganhou mais força na teologia medieval com Tomás de Aquino, mostrando de que forma os conceitos aristotélicos poderiam ser inseridos dentro dela, sofrendo apenas algumas modificações superficiais. Ele acreditava que a alma era imortal. No entanto, o universo não era eterno, uma vez que fora criado por Deus. Tomás buscou relacionar a metafísica de Aristóteles com as doutrinas cristãs da Idade Média, e também aceitava a cosmologia aristotélica que nada mais era do que o modelo geocêntrico de Ptolomeu. Sendo assim, a filosofia de Aristóteles, por meio de Tomás de Aquino, tornou-se uma autoridade para a igreja da época, no que diz respeito ao conhecimento da natureza, ao lado das sagradas escrituras.



Figura 10 TOMAS DE AQUINO (fonte:guiadoestudante.abril.br)

Dante Aligheiri (1265-1321)

Escritor italiano, autor do livro “Divina Comédia”, escreveu em forma literária uma visão do universo, que mesclava a visão teológica da Idade Média com mitologia greco-romana. Em sua obra, Dante descreve Deus como uma luz no centro do Cosmos e o inferno era uma região localizada no interior da Terra, enquanto o purgatório era uma região sublunar como a Figura 11.

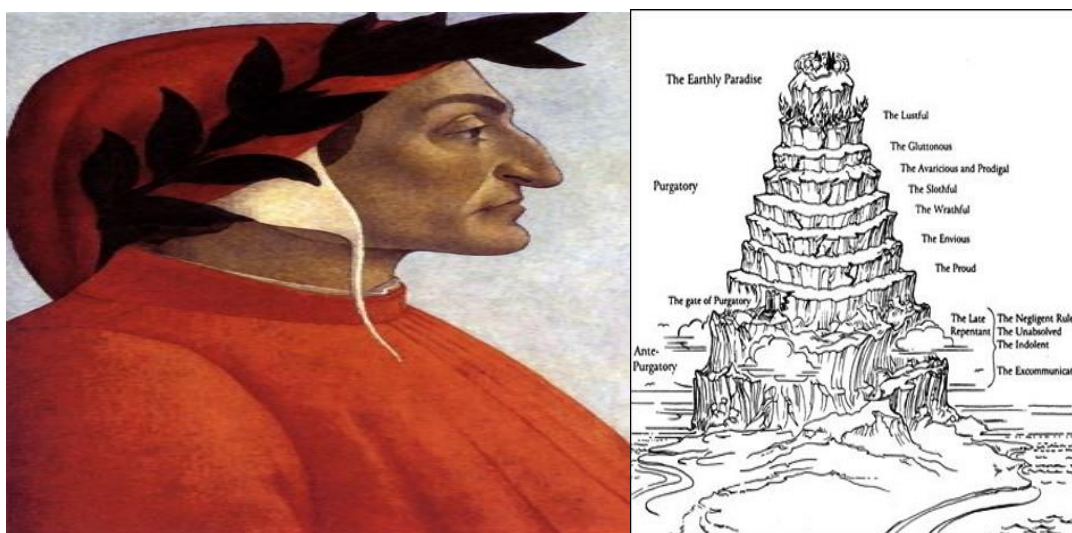


Figura 11 DANTE ALIGHEIRI (fonte: guiaestudo.com.br)

1.5.RENASCIMENTO, GEOCENTRISMO X HELIOCENTRISMO

Durante o período da Renascença, o pensamento humano relacionado à Astronomia se dividia em duas grandes teorias: o **geocentrismo**, um sistema onde a Terra seria o centro do universo e tudo girava ao seu redor; e o **heliocentrismo**, sistema planetário onde o Sol seria o centro do universo e todos os outros astros, inclusive a Terra girariam em torno do Sol.

Copérnico (1473-1543)

Copérnico em suas observações do planeta Marte e em busca de respostas para dúvidas daí advindas, passou a estudar os pensadores antigos que colocavam o

Sol no centro do universo e dava movimento a Terra. Após vários cálculos matemáticos, deduziu que nosso planeta executa um movimento completo em torno do nosso próprio eixo, explicando o movimento do Sol e das estrelas, o dia e a noite. Suas declarações eram diferentes da teoria geocêntrica. Infelizmente, apresentou sua teoria como uma simples suposição, pois vivia em um período de condenações por heresia.



Figura 12 MODELO DE SISTEMA SOLAR DE COPÉRNICO (fonte: www.grupomeiodoceu.com)

Tycho Brahe (1546-1601)

Ele não concordava com o modelo de Copérnico e o modificou para deixá-lo mais adaptado às suas ideias. O modelo de Tycho era uma combinação dos modelos de Ptolomeu e de Copérnico, apresentando como centro do universo a Terra imóvel. Para ele, o Sol girava em torno da terra e os planetas giravam ao redor do sol.

Galileu (1564-1642)

Com o aperfeiçoamento da luneta¹ e a descoberta de satélites em Júpiter, surgiu a grande contribuição de Galileu para a teoria heliocêntrica. Com esse fato, ficou provado que os objetos não giravam ao redor da Terra, como afirmavam os

¹ Criada por um holandês.

ptolomaicos, derrubando o dogmatismo do sistema estacionário, onde a terra seria o centro do universo. Ele descobriu as fases de Vênus, e que suas variações de brilho ocorriam em consequência de sua órbita ao redor do Sol. Provou que Aristóteles estava errado ao afirmar que dois objetos de pesos diferentes cairiam em tempos diferentes. Foi defensor de Copérnico e só não morreu queimado durante a inquisição, porque renegou suas afirmações.

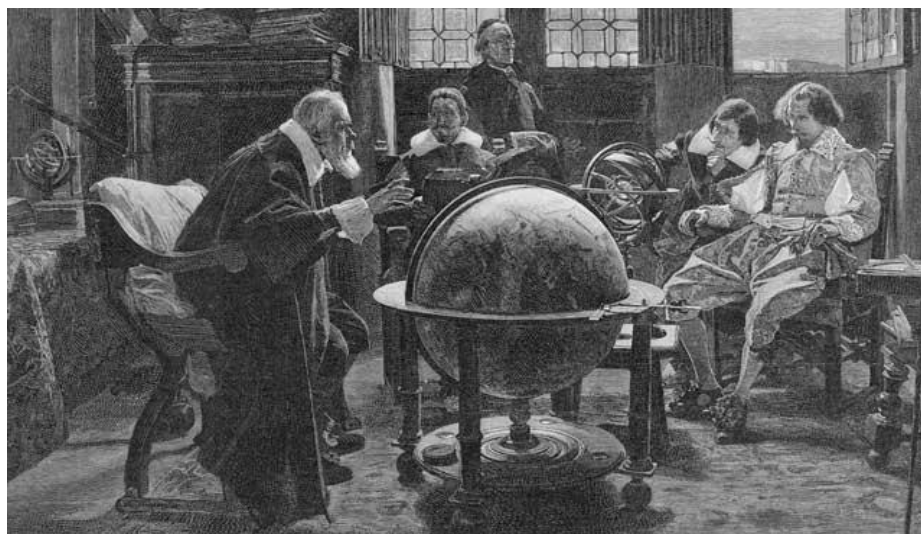


Figura 13 GALILEU, imagem ilustrativa (fonte:editoraunesp.com.br)

Kepler (1571-1630) O Sistema Solar como o conhecemos

Kepler tornou-se assistente de Brahe em 1600, um ano antes da morte deste. Brahe era observador do céu, e Kepler um teórico muito obstinado. Com a morte de Brahe (1601), seus dados observacionais ficaram à disposição de Kepler. Com o estudo destes dados, Kepler descobriu as Leis do Movimento Planetário. Cinco anos foram necessários para que concluísse que a órbita de Marte era uma elipse, com o Sol num foco. Em 1609, Kepler publicou suas duas primeiras leis:

- 1) Os planetas se movem em trajetória elíptica, onde o Sol ocupa um dos focos;
- 2) A linha reta que une o planeta ao Sol varre sempre áreas iguais em tempos iguais.

Com suas leis, Kepler tira Terra e o Sol do centro do Universo. Não se fala mais em centro do Universo e a terra tem que girar sobre si mesma. Dez anos mais

tarde, Kepler publica sua terceira lei (1619): *A razão entre o quadrado do período pelo cubo da distância média do planeta ao Sol é uma constante.*



Figura 14 KEPLER (fonte:portaldoastronomo.org)

1.6. NOS NOVOS PLANETAS E OS TEMPOS CONTEMPORÂNEOS

Urano

Friedrich Wilhelm Herschel (1738-1822), astrônomo alemão naturalizado inglês, utilizando um grande telescópio, descobriu o planeta Urano em 1781. Inicialmente pensava-se que fosse um cometa, seis anos após descobriu dois satélites de Urano.

Netuno

Em 1846, Le Verrier (1819-1892) e Adams (1811-1877), independentemente, calcularam a posição do planeta Netuno. E em 23 de setembro de 1846, Netuno foi descoberto por Heinrich Louis d' Arrest (1822-1875) e Johann Gottfried Galle (1881-1910). Netuno foi o primeiro planeta a ser descoberto através de cálculos.

União Astronômica Internacional

A União Astronômica Internacional (IAU) foi fundada em 1919. Com a missão de promover e salvaguardar a ciência da Astronomia em todos os seus aspectos, através da cooperação internacional. Os seus membros e comissões, grupos de trabalho e grupo programa são compostos por astrônomos profissionais de todo o mundo, com nível de doutorado e pós-doutorado, profissionais e ativos na investigação e educação em Astronomia. Além disso, a IAU colabora com várias organizações em todo o mundo. A IAU tem 9.589 membros individuais em 87 países e é responsável pela nomenclatura das estrelas, cometas, asteroides, planetas, etc.

Plutão

Plutão foi descoberto em 1930, no Observatório de Lowell, por Clyde Tombaugh (1901-1997). Foi reclassificado como planeta anão em 2006, na IAU de Praga.

Edwin Hubble (1889-1953)

Com o telescópio Hooker, de 2,5 metros, no Observatório de Monte Wilson, Hubble descobriu que as até então chamadas nebulosas espirais eram na verdade outras galáxias, fora da Via Láctea, e que estas estavam se afastando umas das outras a uma velocidade proporcional à distância que as separa. Hubble dedicou a sua vida às observações de galáxias, propondo um sistema de classificação que as subdivide em quatro grupos principais, segundo sua forma: as elípticas, as espirais, as espirais barradas e as irregulares. Foi ele quem confirmou incontestavelmente, que a Via Láctea é apenas uma entre bilhões de outras galáxias, que são como verdadeiros “universos-ilhas”- centenas de bilhões de estrelas unidas gravitacionalmente.

Telescópio espacial Hubble

O Telescópio Espacial Hubble é um satélite astronômico que foi projetado nos anos 40 e construído nos anos 70 e 80 e está em funcionamento desde 1990. O Telescópio Espacial Hubble está revolucionando a Astronomia, representando nos dias de hoje aquilo que a luneta de Galileu representou no século XVII.



Figura 15 TELESCÓPIO HUBBLE (fonte:www.nasa.gov)

2. ESFERA CELESTE, COORDENADAS E MEDIDAS.

2.1 NOÇÕES DE CARTOGRAFIA

GLOBO TERRESTRE: costumamos designar o planeta Terra como Globo Terrestre, para denotarmos à sua forma esferoidal, porque a Terra não é uma esfera perfeita. Na verdade, sua superfície mais se assemelha a um maracujá maduro, do que a uma laranja. Além disso, a Terra é levemente achatada nos polos.

PONTOS CARDEAIS: os pontos cardeais, ou principais, são quatro: norte, sul, leste, oeste. Eles são parte de uma convenção que utilizamos para a nossa orientação no Globo Terrestre. O instrumento utilizado para nos indicar os pontos cardeais é a bússola. Mas, de uma maneira muito simplista, podemos determinar os pontos cardeais observando o Sol. Se estendermos o nosso braço direito, lateralmente ao nosso corpo para o lado que o Sol nasce, teremos com relativa precisão o ponto cardeal LESTE. Como já foi dito, a precisão é relativa, pois o Sol nasce ali em diferentes posições, dependendo da época do ano. Mas isto já seria suficiente para uma orientação básica. Se continuarmos na mesma posição anterior, à nossa frente estará o NORTE e atrás o SUL, e, à esquerda o OESTE, onde o Sol se põe.



Figura16 Rosa dos Ventos (fonte: <https://www.novaescola.org.br>)

EQUADOR TERRESTRE: o Equador Terrestre é uma linha imaginária, equidistante dos polos, que divide, horizontalmente, a Terra em Hemisfério Norte e Hemisfério Sul. O Brasil é cortado pelo Equador, mas apenas uma pequena parte do nosso território fica no Hemisfério Norte.

PARALELOS: São círculos, também imaginários, paralelos ao Equador Terrestre (daí o nome) que subdividem os hemisférios a partir do Equador até os polos.

MERIDIANOS: Meridianos Terrestres são linhas imaginárias, que vão de um polo a outro e dividem o Globo Terrestre, verticalmente em diversas fatias, tais como os gomos de uma laranja.

MERIDIANO DE GREENWICH: é o meridiano que divide o globo terrestre em Oriente e Ocidente. Ele também é a linha referencial dos Fusos Horários. Ele tem este nome por causa do Observatório de Greenwich, na cidade de mesmo nome, nos arredores de Londres, na Inglaterra.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS: Para localizarmos um ponto no globo terrestre existem algumas formas. A mais utilizada é o Sistema de Coordenadas Geográficas

denominadas Latitude e Longitude. Este sistema utiliza-se das linhas do Equador, dos paralelos e dos meridianos, e pode ser comparado à notação empregada num tabuleiro de Xadrez ou de Batalha Naval.

LATITUDE: A Latitude é uma graduação feita de acordo com os paralelos e o Equador, para determinar um ponto no Sentido Norte-Sul. Ela vai de 0° no Equador, a 90° no Polo Norte, e -90° no Polo Sul. A Latitude de Murici, município onde localiza-se o IFAL/Campus Murici, é de aproximadamente $9^\circ 18' 18''$ S.

LONGITUDE: A Longitude é uma graduação feita de acordo com os meridianos, para determinar um ponto no Globo Terrestre, no sentido Leste-Oeste. Ela vai de 0° no Meridiano de Greenwich, a 180° , no meio do oceano Pacífico. Se estiver a Leste do Meridiano de Greenwich, a graduação será positiva (ex: $30^\circ = 30^\circ$ E), se estiver Oeste será negativa (ex: $-30^\circ = 30^\circ$ W). A Longitude de Murici é de aproximadamente $35^\circ 56' 30''$ W.

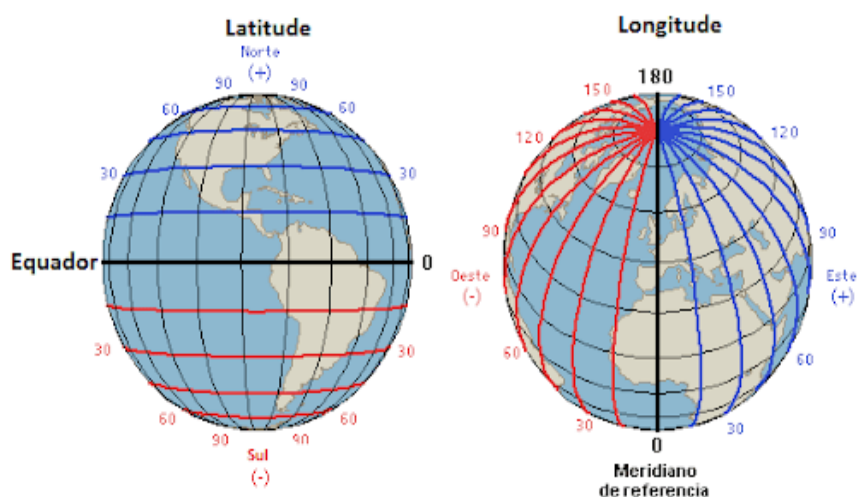


Figura 17 Esfera Celeste: longitude e latitude (fonte: <http://sogeografia.com.br>)

2.2 ESFERA CELESTE

Em Astronomia, a esfera celeste é uma esfera imaginária onde todos os objetos visíveis no céu (planetas, cometas, estrelas, nebulosas, galáxias, etc.), podem

ser representados como projeções nessa esfera. Nela também são projetados os Polos Norte e Sul e o Equador terrestre, formando respectivamente os Polos celestes e o Equador celeste.

Para facilitar a compreensão, imaginemos a Terra como uma esfera transparente com o Equador terrestre traçado em sua superfície, se acendermos uma luz em seu interior, essa linha marcada projetará uma sombra sobre a esfera celeste que a envolve. Essa projeção recebe o nome de Equador celeste.

Analogamente, a extensão do eixo de rotação da Terra irá perfurar a esfera celeste em dois pontos, que chamamos de polos celestes. A projeção do polo norte da Terra dá origem ao polo celeste norte e a projeção do polo sul dá origem ao polo celeste sul.

O conceito de esfera celeste é usado pelos astrônomos para mapear objetos celestes e definir os vários sistemas de coordenadas astronômicas. Os antigos gregos definiram alguns planos e pontos na esfera celeste, que são úteis para a determinação da posição dos astros no céu, são eles:

- **Horizonte:** plano tangente a Terra no lugar em que se encontra o observador. Como o raio da Terra é desprezível frente ao raio da esfera celeste, considera-se que o horizonte é um círculo máximo da esfera celeste, ou seja, passa pelo seu centro.
- **Zênite:** ponto no qual a vertical do lugar perpendicular ao horizonte intercepta a esfera celeste, acima da cabeça do observador. A vertical do lugar é definida por um fio a prumo.
- **Nadir:** ponto diametralmente oposto ao zênite.

Como mostra a Figura 18, a inclinação entre a elíptica e o equador celeste é cerca de $23,5^\circ$ (vinte e três graus e meio), a mesma do eixo de rotação da Terra.

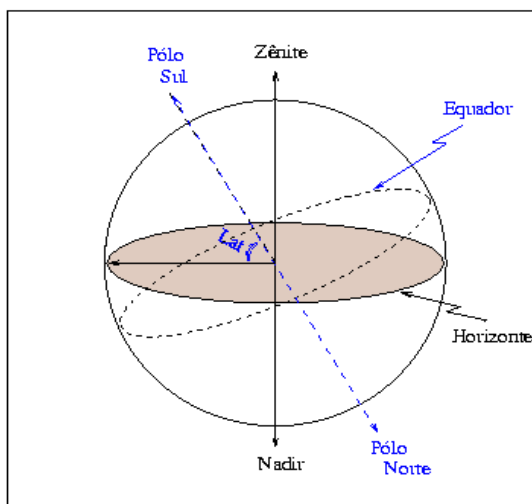


Figura 18 Esfera Celeste: Zenite e Nadir (fonte: <http://lilith.fisica.ufmg.br>)

2.3 SISTEMAS DE COORDENADAS

Um ponto qualquer na Terra pode ser indicado por suas coordenadas em Latitude e Longitude. De modo semelhante, podemos indicar um ponto na esfera celeste. Nós substituímos a Latitude pela declinação e substituímos a longitude pela ascensão reta.

Como na latitude, a declinação é a medida em graus e seus divisores. A partir do equador celeste (0°) até os polos celestes. O Polo Celeste Norte tem declinação de 90° graus, e o Polo Celeste Sul tem declinação -90° , ou seja, as declinações positivas estão no hemisfério celeste norte, e as declinações negativas estão no hemisfério celeste sul.

Já a ascensão reta é medida em horas, cada hora é dividida em 60 minutos e cada minuto em 60 segundos. O Ponto Vernal (ou ponto gama) corresponde à ascensão reta zero, que aumenta no sentido direto até 24 horas e coincide novamente com o ponto gama.

Este sistema é chamado de **Sistema de Coordenadas Equatorial**, porque usa o Equador como referência. Mas podemos usar também como referência, a superfície da Terra e o horizonte, ao invés do Sistema de Coordenadas Equatorial. Este outro sistema é chamado de **Sistema de Coordenadas Altazimutal** (ou sistema de coordenadas horizontal), porque usa o horizonte como referência.

Chama-se azimute o ângulo entre a direção de um objeto observado e sua direção de referência. Em Astronomia quase sempre se usa como referência a direção

Norte e mede-se o azimute em graus (e seus divisores) no sentido dos ponteiros do relógio, ou seja, Norte, Leste, Sul, Oeste (0° a 360° graus).

2.4 MEDIDAS E UNIDADES

METRO: o metro pode ser definido de diversas formas, algumas mais simples e outras mais complexas. Mas, basicamente, o metro e seus múltiplos e submúltiplos são usados para medir comprimentos e distancias. Na Astronomia, o metro é usado para medir dimensões e distâncias que vão desde a trilionésima parte do metro até milhões de quilômetros. A título de exemplo, para darmos uma volta completa na Terra, teríamos que percorrer cerca de 40.000 km. Já para ir à Lua seria preciso percorrer quase 400.000 km. Porém, para viajarmos do Sol a Terra, a distância é de quase 150.000.000 km.

Segundo o dicionário Aurélio, o metro é a “unidade fundamental de medida do comprimento no Sistema Internacional, igual ao comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo $1/299792458$ de segundo [símbolo: m]”.

Segundo a enciclopédia digital online Wikipédia, “originalmente o comprimento de um metro estava relacionado à circunferência da Terra. Convencionou-se dividir o círculo máximo de um meridiano terrestre em 39.996 unidades iguais. Cada unidade seria um quilômetro. Um milésimo do quilômetro seria o metro”.

	$\times 1000$	$\times 1000$	$\times 1000$
Quilômetro (km)	Metro (m)	Centimetro (cm)	Milimetro (mm)
1	1000	100 000	1 000 000
0,1	100	10 000	100 000
0,01	10	1 000	10 000
0,001	1	100	1000
	$\div 1000$	$\div 1000$	$\div 1000$

Tabela 1 Unidades de Medida (fonte: <http://jovemincientivador.blogspot.com>)

UNIDADE ASTRONÔMICA: para simplificar as enormes distâncias do Sistema Solar, convencionou-se que a distância do Sol - Terra seria igual a uma Unidade Astronômica (UA).

VELOCIDADE DA LUZ: A luz é o que há de mais rápido no universo. Sua velocidade atinge assombrosos 300.000 km/s. Para melhor exemplificar, temos a própria luz do Sol que mesmo viajando a essa velocidade, leva um pouco mais de 8 minutos para chegar a Terra.

ANO LUZ: Ao contrário do que possa parecer, o ano luz assim como o Metro e a Unidade Astronômica, também é uma unidade de medida de “distância”. Equivale à distância que poderíamos percorrer viajando durante um ano à velocidade da luz, ou seja, apesar de parecer absurdo, esta unidade de medida é largamente utilizada para designar a distância entre estrelas. Por exemplo, a estrela que está mais perto do Sol é *próxima Centauri*, da constelação Centauro, que está há 4,22 anos-luz.

PARSEC: O nome Parsec vem da contração da palavra paralaxe e second (segundo). Por definição, Parsec é a distância na qual um objeto celeste, como uma estrela, teria uma paralaxe anual de um segundo de arco. O mais importante para nós é sabermos que Parsec também é uma unidade de medida de distância, de tal forma que 1 Parsec (pc) é igual a 3,26 anos-luz.

O Parsec é utilizado quando precisamos medir a distância dos objetos mais longínquos. Porém, existem objetos ainda mais distantes que, para designarmos suas distâncias, lançamos mão dos múltiplos do Parsec; kiloparsec= 1000 Pc; e o Megaparsec= 1.000.000 Pc.

2.5 MAGNITUDE, UMA UNIDADE ESPECIAL

Ao brilho de um corpo no céu, associamos uma magnitude. Hiparco de Nicéia, filósofo grego que viveu no século II a.C concebeu um sistema de grandezas para identificar as estrelas mais brilhantes, seguidas das estrelas de segunda, terceira, até

a sexta grandezas, que eram as menos brilhantes e que estavam no limiar de visualização. Ele elaborou o primeiro catálogo estelar.

Claudio Ptolomeu (séc.I d.C) adotou e ampliou o catálogo de Hiparco. No século XIX, o astrônomo inglês Norman R.Pogson (1829-1891) propôs uma escala exponencial para as magnitudes. Para manter a tradição de Pogson, atribuiu-se uma diferença de 100 vezes entre a primeira e a sexta magnitudes. Dessa forma, a diferença entre magnitudes é de 2,512 vezes, ou seja, uma estrela de primeira magnitude é 2,512 vezes mais brilhante que uma de segunda, 6,31 vezes mais brilhante que uma de terceira, 15,85 vezes mais que uma de quarta, 39,82 que uma de quinta e 100 vezes mais que uma de sexta magnitude.

A magnitude que medimos ao olhar para as estrelas depende naturalmente da distância e da luminosidade da estrela. Muitas vezes percebemos que uma estrela é mais brilhante que outra, contudo, em alguns casos, isso ocorre devido à maior distância que a segunda está de nós. Por isso, devemos sempre ter em mente os conceitos de Magnitude Aparente e Magnitude Absoluta.

A **Magnitude Aparente** é aquela que medimos diretamente da Terra, sem levar em consideração a distância que a estrela está de nós. É a magnitude que encontramos nos mapas e catálogos estelares. Quanto menor ou mais negativo o número, mais brilhante é o astro. As estrelas mais apagadas que nossos olhos podem perceber, como dito anteriormente, são as de magnitude 6, isso se você estiver em uma área longe da cidade, num céu escuro (bom contraste) e sem poluição luminosa. Nas cidades, as estrelas visíveis chegam à magnitude 2,3 ou 4, devido à poluição luminosa. Sirius, a estrela mais brilhante do céu terrestre, depois do Sol, brilha a magnitude aparente de -1,5, Júpiter tem uma magnitude visual -2, e, Vênus, -4. A lua cheia tem magnitude próxima a -13, e, o Sol, próximo à magnitude -26.

A **Magnitude Absoluta** é aquela que mediríamos se estivéssemos a uma distância padrão da estrela. Esta distância é de 10 pc (10 parsecs=32,6 anos-luz). Tanto a magnitude aparente quanto a absoluta podem ser determinadas para todo espectro da luz (magnitude bolométrica), quanto para um intervalo visível de frequências (magnitude visual).

3.MOVIMENTOS CELESTES

Nem é preciso ser um bom observador para perceber importantes movimentos celestes

Movimento Diurno Aparente

Diariamente podemos ver o Sol, a Lua, as estrelas e os planetas movendo-se lentamente do lado leste do céu, onde nascem, para o lado Oeste, onde se põe. Este movimento, no entanto, é apenas a impressão que temos por estarmos na Terra, e esta ter seu movimento de Oeste e Leste.

Rotação

Rotação é o movimento giratório que a Terra realiza em torno do seu próprio eixo. A Terra leva, em média, 24 horas para dar uma volta completa em torno de seu próprio eixo. E é a isto que chamamos de DIA. O tempo real é de 23 horas 56 minutos 04 segundos e 09 centésimos, (23h56min04s,09), mas pode ser arredondado quando não precisamos de tanta precisão.

Movimento Aparente Anual

Ao longo do ano, podemos ver estrelas e constelações que nascerem cerca de 4 minutos mais cedo a cada dia (por conta do tempo sideral). Assim, depois de alguns meses, algumas estrelas já não serão mais visíveis e outras aparecerão. Em seis meses poderemos ver um céu completamente diferente do que havíamos observado 6 meses antes. E depois de um ano, voltaremos à situação inicial. Isto é, o *Movimento Aparente Anual das Estrelas*.

Translação (Revolução)

Na verdade, é a Terra que viajando ao redor do Sol, vai tendo um cenário noturno, um fundo de estrelas. Este movimento circular que a Terra descreve ao redor do Sol é o que chamamos de Translação (evolução). Para completar a Translação (Revolução) ao redor do Sol, a Terra leva aproximadamente 365 dias. E é, a isto, o que chamamos de ANO.

Para ser mais preciso, o Ano tem 365,25 dias, isto equivale há 06 horas a mais a cada ano, totalizando 24 horas em quatro anos. Essas 24 horas são acrescentadas ao ano corrente, que chamamos de bissexto. Nem sempre a cada quatro anos teremos ano bissexto.

Órbita

O caminho circular que um astro percorre ao redor de outro é chamado de Órbita. A órbita da Terra, por exemplo, não é círculo perfeito, mas sim uma elipse onde ora estamos mais perto, ora mais afastados do Sol.

Periélio e Afélio

Viajando em sua órbita, cada um dos astros do Sistema Solar tem seu período de maior ou menor proximidade ao Sol. Quando ele está mais perto, chamamos de Periélio. Já quando está mais longe, chamamos de Afélio.

Perigeu e Apogeu

Também podemos denominar os períodos de maior aproximação e afastamento dos astros em relação a Terra. Quando estão mais próximos, dizemos que ele está no Perigeu. Quando estão mais afastados, está no Apogeu.

Eclíptica

Ao longo do ano, a Terra desloca-se em sua órbita, assim como os demais planetas, em seu movimento de Translação (Revolução) ao redor do Sol. Mas, da Terra, o que vemos é o Sol, a lua e os planetas se deslocando em relação ao fundo de estrelas, numa trajetória inclinada. Esta inclinação deve-se ao próprio eixo de rotação da Terra, que está inclinado cerca de 23 graus em relação ao plano de sua órbita.

Como cada planeta tem uma órbita que apresenta uma inclinação diferenciada (Tabela 2), a Eclíptica acaba sendo uma faixa imaginária de cerca de 8°, por onde estes astros trafegam. Essa faixa atravessa 13 constelações: Áries

(Carneiro), Taurus (Touro), Gemini (Gêmeos), Cancer (Caranguejo), Leo (leão), Virgo (Virgem), Libra (Balança), Scorpius (Escorpião), Sagittarius (Sagitário), Capricornus (Capricórnio), Aquarius (Aquário), Pisces (Peixes), Ophiucus (Ofiúco ou Serpentário). Como a maioria tem nome de animais, são chamados de Constelações Zodiacais. O termo Zodíaco vem do grego e quer dizer caminho de animais.

MERCURIO	VÊNUS	TERRA	MARTE	JUPITER	SATURNO	URANO	NETUNO
7°	3,4°	0°	1,8°	1,3°	2,5°	0,8°	1,8°

Tabela 2 Inclinação de órbitas dos planetas (em graus)

Estação do Ano

Devido à inclinação do eixo da Terra, a luz do Sol atinge nossa superfície de diferentes formas ao longo do ano: hora de forma mais direta, hora mais inclinada. Isto faz com que um hemisfério receba mais luz que o outro, em determinadas épocas do ano. E, em outras épocas, eles acabam por receber luz com a mesma intensidade. Isto nos dá a percepção das Estações do ano.

Equinócio

O Equinócio é o momento em que os raios solares atingem diretamente o Equador Terrestre, iluminando igualmente os dois hemisférios. Ele pode ser de Outono ou de Primavera. Para nós, o início do Outono é no dia 20 ou 21 de março, e o da Primavera é no dia 22 ou 23 de setembro. Para o hemisfério Norte, estas datas têm que ser invertidas. Nestes, os dias e as noites tem a mesma duração.

Solstício

O Solstício é o momento em que os raios solares atingem diretamente o Paralelo 23 (23°27'), favorecendo o hemisfério em questão com dias mais longos e noites mais curtas. Os pontos onde estes raios atingem diretamente são os trópicos: de Capricórnio para o hemisfério Sul e de Câncer para o hemisfério Norte. Isto marca o início do verão, ou do Inverno. Para nós, o Solstício de verão ocorre entre os dias

21 e 23 de dezembro, e o Solstício de Inverno entre os dias 21 e 23 de junho. E o contrário ocorre para o hemisfério Norte.

Precessão

O movimento de Precessão (movimento para trás) da Terra coloca o eixo de rotação apontando para diferentes estrelas no decorrer do tempo. Um ciclo completo dura cerca de 25.000 anos, ao fim dos quais o eixo de rotação apontará para a mesma estrela novamente.

Devido a este movimento, o equinócio (data em que o dia e noite têm a mesma duração) de primavera passa a acontecer com a entrada do Sol em diferentes constelações da eclíptica. A este fenômeno se deu o nome de precessão dos equinócios.

Movimento Aparente dos Planetas

Os planetas, além do seu movimento diário cruzando o céu, apresentam outros movimentos com o passar das semanas ou meses.

O Pêndulo

Os planetas interiores, Mercúrio e Vênus, descrevem um movimento aparente de vai e vem no céu, lembrando o pêndulo de um antigo relógio. Ao longo dos meses, eles vão de um lado para o outro do Sol, pois suas órbitas são mais internas do que a Terra. Quando não os vemos, é porque foram ocultados ou ofuscados pelo Sol.

A Laçada

Chama-se de Laçada, o movimento aparentemente retrógrado que os planetas exteriores executam no céu. Quando a Terra, em sua órbita, se encaminha a um desses planetas, gradativamente ele vai perdendo velocidade até “parar” e começar a retroceder. Depois, quando a Terra se afasta, ele retoma o seu sentido normal. Originando a laçada.

Movimentos da Lua

A Lua, assim como a Terra e os demais planetas, também gira em torno do seu próprio eixo e em torno do Sol. Mas, além disso, a Lua gira em torno da Terra.

Dia lunar

A Lua, acompanhando a Terra, leva 24h e 48 minutos para ter o Sol no mesmo ponto no céu. Ou seja, seu DIA é quase igual ao nosso. Isto ocorre porque a Lua se desloca 13° de Oeste para Leste diariamente.

Rotação Lunar

A rotação da lua está sincronizada com seu movimento de revolução.

Revolução Lunar

Revolução é o movimento que a Lua efetua dando um giro em torno da Terra. Para completar este movimento, a Lua leva cerca de 28 dias (uma lunação). Como A Rotação e a Revolução Lunar são sincronizadas, vemos sempre a mesma face da Lua (com poucas variações). A face que não vemos ficou então conhecida como Lado Oculto da Lua. O termo Lado Escuro, por vezes utilizado em alguns textos, está equivocado, pois não existe um lado escuro na Lua em seu movimento em torno da Terra e esta, por sua vez, em torno do Sol.

Fases da Lua

À medida que a Lua viaja ao redor da Terra ela passa por um ciclo de fases ao longo do mês, durante o qual sua forma parece variar gradualmente. Esse fenômeno é bem compreendido desde a antiguidade. As quatro fases principais do ciclo são:

Lua Nova: a face iluminada não pode ser vista da Terra.



Figura19 LUA MINGUANTE NOVA (fonte:www.astrocentro.com.br)

- A Lua está na mesma direção do Sol, e, portanto, está no céu durante o dia.
- A Lua nasce às 6h e se põe às 18h.

Lua Quarto-Crescente: Metade do disco iluminado pode ser visto da Terra.



Figura 20 Lua Quarto-Crescente (fonte: www.astrocentro.com.br)

- Lua e Sol, vistos da Terra, estão separados de 90°;
- A Lua está a leste do Sol, que, portanto, ilumina seu lado oeste;
- A Lua nasce ao meio-dia e se põe à meia-noite.

Lua cheia: Toda a face iluminada da Lua está voltada para a Terra. A lua está no céu durante toda a noite, com a forma de disco.



Figura 21 LUA CHEIA (fonte:www.astrocentro.com.br)

- Lua e Sol, vistos da Terra, estão em direções opostas, separados de 180° , ou 12h;
- A Lua nasce às 18h e se põe às 6h do dia seguinte.

Lua Quarto - minguante: Metade do disco iluminado pode ser visto da Terra, como em quarto-crescente.



Figura 22 Lua Quarto – minguante (fonte:www.astrocentro.com.br)

- A lua está a oeste do Sol, que ilumina o lado Leste.
- A lua nasce à meia-noite e se põe ao meio-dia.

O intervalo de tempo entre duas fases iguais consecutivas é de 29d 12h 44m 2,9s (aproximadamente 29,5 dias). Essa é a duração do mês **sinódico**, ou **lunação**, ou **período sinódico da Lua**.

Eclipses: O eclipse é o fenômeno onde um astro é ocultado, parcial ou totalmente, pela interposição de outro astro entre ele e o observador. Costumamos utilizar esta nomenclatura apenas para os eclipses do Sol e da Lua.

Eclipse Solar:

O eclipse do Sol acontece quando este está alinhado com a Lua e a Terra, nesta sequência, e a Lua projeta uma sombra em determinada região do Globo Terrestre. Ele só ocorre na Lua Nova, que é quando a Lua está entre o sol e a Terra. Mas, não é em toda Lua-Nova que ocorrem eclipses, porque a órbita da Lua ao redor da Terra é inclinada de aproximadamente 5°, por isso, nem sempre os três estão alinhados.

Os eclipses solares podem ser **totais**, quando o Sol é totalmente ocultado na sombra da Lua ou **parciais**, quando só uma parte dele fica “escurecida”. Eles também podem ser **anulares**, ou **anelares**, quando a Lua oculta apenas à área central do disco solar.

Eclipse Lunar

Os eclipses lunares ocorrem quando a Terra está devidamente alinhada entre o Sol e a Lua, e esta submerge na sombra que a terra projeta no espaço. Este eclipse só ocorre na Lua-cheia, que é quando a Terra está entre a Lua e o Sol. Pelo mesmo motivo dos eclipses solares, também não é em toda Lua-Cheia que poderemos presenciar tal fenômeno. Os eclipses lunares também podem ser totais ou parciais. Quando eclipsada, a Lua apresenta uma coloração avermelhada devido à dispersão de raios solares que chegam à atmosfera terrestre.

Trânsito

O transito é como chamamos o eclipse formado pela passagem dos planetas Mercúrio ou Vênus pela frente do disco solar. Os outros planetas não podem ficar em trânsito, pois estão numa órbita mais externa que a da Terra.

Ocultação

Usamos o termo “ocultação” para nos referirmos ao “desaparecimento” momentâneo de um astro que passa por trás de outro, que está mais próximo e tem diâmetro aparente maior. Mas, esta terminologia é mais comumente empregada quando “pequenos” objetos são ocultados pela Lua (diariamente), ou uma estrela distante por um planeta, e assim por diante.

Conjunção

Ocorre quando dois astros possuem a mesma ascensão reta ou longitude eclíptica. No caso de objetos que se movem próximo à eclíptica, observa-se uma aproximação aparente do céu. No caso das configurações planetárias, as conjunções podem ser do tipo inferior ou superior.

4. SISTEMA SOLAR

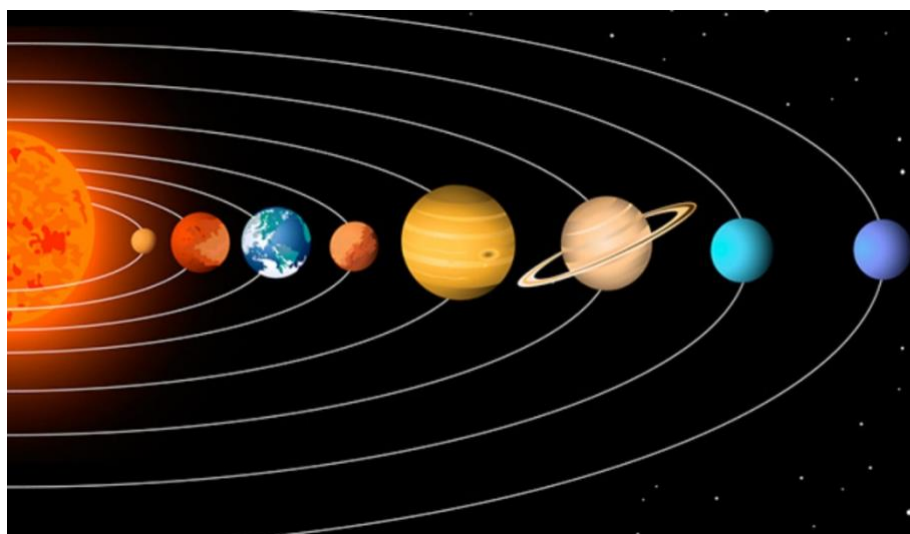


Figura 23 Modelo do Sistema Solar (fora de escala e tamanho) (fonte: www.infoescola.com.br)

O novo Sistema Solar é constituído pelo Sol, que contém 99,8% da massa do nosso sistema, pelos planetas interiores ou rochosos (Telúricos), constituídos por Mercúrio, Vênus, Terra e Marte e pelos planetas gigantes gasosos (Jovianos), constituídos por Júpiter, Saturno, Urano e Netuno. Esses são os oito planetas clássicos. Há também os planetas anões, formados por Plutão, Ceres, Eris, além de um pequeno grupo que está sendo inserido nesta categoria dos anões. O nosso Sistema Solar também é constituído por dezenas de luas, milhares, ou milhões, de asteroides e cometas espalhados por nosso sistema ou confinados nos chamados cinturão principal de asteroides, cinturão de Kuiper e Nuvem de Oort.

Os indícios apontam que nosso Sistema Solar se formou aproximadamente há cinco bilhões de anos quando uma nuvem de gás e poeira cósmica rotacional (Nebulosa), originada pela morte de antigas Estrelas (reciclagem cósmica), se condensou no centro formando uma área com grande pressão e massa que aos poucos foi adquirindo brilho, formando o nosso Sol. As sobras deste material formaram os demais corpos do nosso Sistema solar.

Eis alguns termos utilizados pelos Astrônomos há muito tempo e termos novos adotados pela União Astronômica Internacional (UAI), em agosto de 2006:

Planetas Clássicos: são corpos que orbitam ao redor do Sol ou de outra estrela.

Em geral, são quase esféricos, não possuem luz própria e tem as vizinhanças de sua órbita “limpa”, isto é, livre de “escombros”.

Planetas Anões: são corpos celestes que orbitam o Sol, também são quase esféricos, porém não tem as vizinhanças de sua órbita limpa, isto é, ainda há muitos escombros. Para entrar nessa categoria não pode ter satélite.

A palavra planeta significa errante, caminhante, e vem do grego. Os planetas visíveis se movimentam noite após noite através das estrelas e constelações que, aparentemente, estão fixas. Os povos antigos, percebendo isso, acharam que os planetas visíveis eram especiais e, por isso, deram o nome de deuses importantes. Esses nomes chegaram até nós através da cultura greco-romana: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Os planetas Urano, Netuno e os Planetas Anões Plutão, Ceres e Eris só foram descobertos na era do telescópio nos séculos XVIII, XIX, XX e XXI, respectivamente. Por tradição, receberam nomes da mitologia clássica.

MERCÚRIO: É o planeta mais próximo do Sol, recebeu esse nome em homenagem ao Deus do comércio e da velocidade, pois é o mais rápido dos planetas, visto aqui da Terra. É um corpo cheio de crateras, tem cerca de 4.800 km de diâmetro, sem atmosfera, e por isso, tem um céu escuro, mesmo quando o Sol está no Zênite. É um caso único no Sistema Solar por que na parte iluminada pelo Sol tem uma temperatura que beira os 400 graus positivos e, na parte da noite, a temperatura despenca para cerca de -280 graus. O planeta não tem luas, gira em torno do Sol em 88 dias e leva 58 dias terrestres para dar um giro sobre si mesmo. Dista do Sol 57.000,000 Km.



Figura 24 MERCÚRIO (fonte: www.nasa.gov.)

VÊNUS: É um segundo planeta a partir do Sol. Recebeu esse nome por causa de seu brilho intenso em nosso céu (só é menos brilhante que o Sol e Lua), e representa a deusa da beleza. O planeta é quase do tamanho da Terra, tem 12.200 Km de diâmetro, tem uma espessa atmosfera que provoca um enorme e global efeito estufa, fazendo que este planeta seja o mais quente do nosso Sistema Solar, atingindo 480 graus em sua superfície. O planeta dista cerca de 108.000.000 Km do Sol e leva 224 dias para girar em torno do Sol e leva 224 dias para girar em torno do Sol enquanto leva 243 dias para girar sobre si mesmo. Este planeta não tem luas.

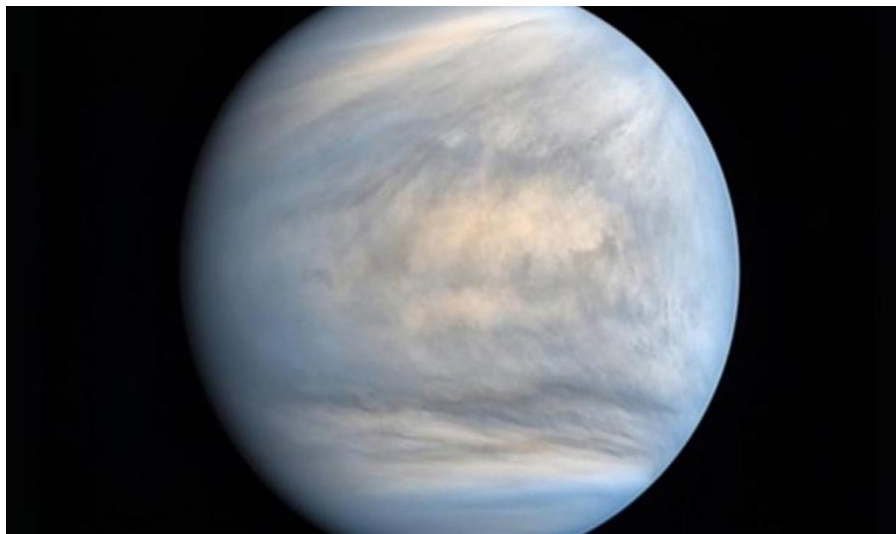


Figura 25 Vênus (fonte: www.nasa.gov)

TERRA: Nosso planeta natal, o terceiro a partir do Sol. Tem 12.780 km de diâmetro, tem atmosfera, campo magnético, superfície rochosa, água em todos os seus estados, vulcões e vida. A temperatura varia entre -88 a 58 graus centígrados. Dista cerca de 150.000.000 km do Sol e leva geralmente 365 dias para completar uma volta em torno do Sol. Tem um satélite natural e uma inclinação de sua órbita em 23,5 graus o que permite o planeta ter quatro estações.



Figura 26 TERRA (fonte: www.nasa.gov)

LUA: Nosso satélite natural tem apenas 1,2% da massa da Terra, porém é o quinto maior satélite do Sistema Solar. Sua gravidade exerce influência aqui na Terra. Não tem praticamente atmosfera, é poeirenta e estéril. Apresenta inúmeras crateras, a

maioria devido a bombardeio de meteoritos ou cometas, montanhas e planícies chamadas por mares. Apresenta somente uma face para a Terra.



Figura 27 LUA (fonte: www.nasa.gov)

MARTE: Quarto planeta a partir do Sol. É avermelhado, razão pela qual foi denominado por várias culturas como o deus da guerra. Atmosfera delgada e uma superfície constituída por profundos cânions, montanhas, planícies, muita poeira, vulcões (incluindo o monte Olimpo, o maior vulcão do Sistema Solar, com 26 km de altura e uma base de 600 km de diâmetro).



Figura 28 MARTE (fonte: www.nasa.gov)

JUPITER: É o primeiro dos gigantes gasosos, o quinto a partir do Sol e o maior dos planetas do nosso sistema. Tem uma inclinação de apenas 3,1 graus em relação a vertical. No centro de Júpiter há um núcleo de rocha e metal, do tamanho da Terra, o que provoca um intenso campo magnético (cerca de 20.000 vezes maior que o

terrestre). O planeta tem aproximadamente 79 luas onde as maiores (visíveis por nossos telescópios) são os chamados satélites galileanos: IO, EUROPA, GANIMEDES E CALISTO. A primeira revelou a presença de vulcões ativos e outras podem abrigar oceanos de água líquida abaixo de uma crosta gelada, principalmente Europa.



Figura 29 JÚPITER (fonte: www.nasa.gov)

SATURNO: É o segundo maior planeta do sistema, o sexto a partir do Sol e o último conhecido pelos antigos. Tem uma inclinação de 26,7 graus, o que leva a quatro estações e uma variação dos anéis visíveis aqui da Terra (há épocas que o vemos bem de frente e outras em que podemos vê-los de lado). Saturno tem aproximadamente 62 luas, e a principal se chama Titã, que contém atmosfera e provavelmente lagos de metano líquido. Também tem magnetosfera e uma espessa atmosfera constituída de hidrogênio e hélio.

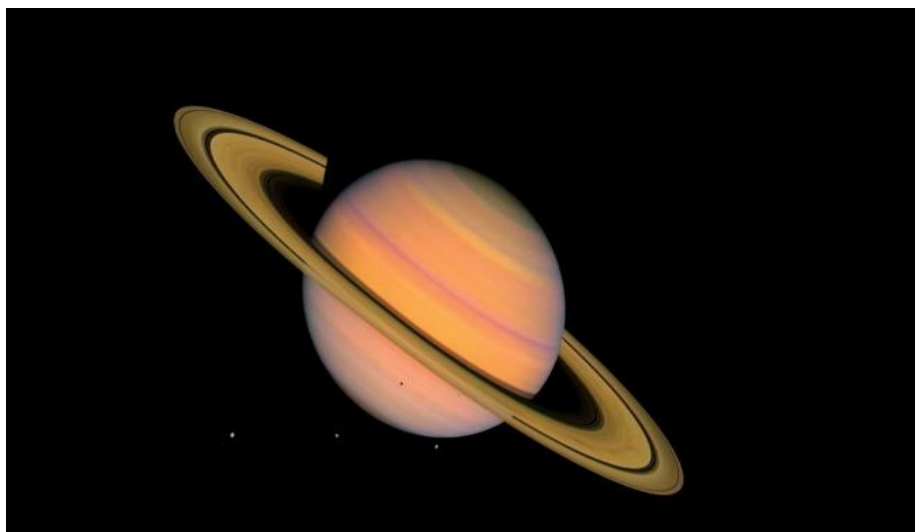


Figura 30 SATURNO (fonte: www.nasa.gov)

URANO: É o terceiro planeta em tamanho do Sistema Solar e o primeiro descoberto por telescópios. Tem um sistema esparso de anéis e tem aproximadamente 27 luas. A inclinação de seu eixo é de 98 graus, o que faz com que o planeta percorra sua órbita praticamente de lado. As maiores luas são chamadas assim: Cordélia, Ofélia, Miranda, Ariel e Umbriel (nomes tirados das obras de Shakespeare).

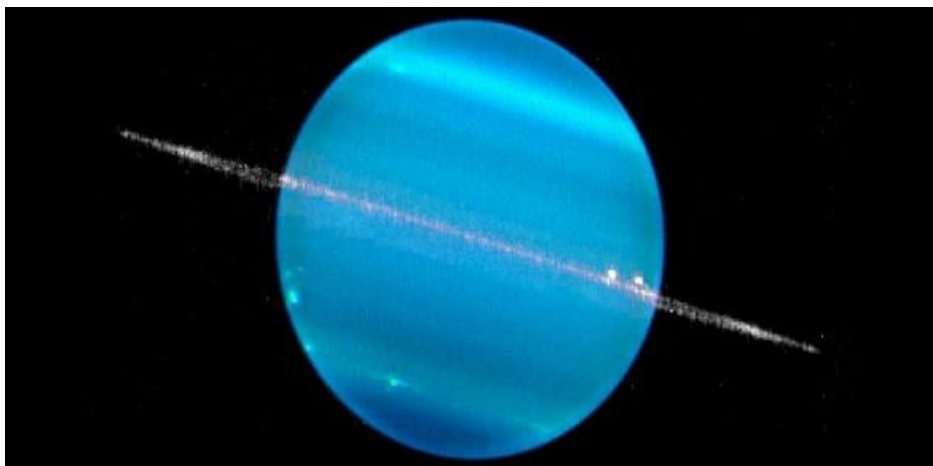


Figura 31 URANO (fonte: www.revistagalileu.gloo.br)

NETUNO: Entre os gigantes gasosos, este é o mais frio e o mais distante do Sol. Foi descoberto através de cálculos matemáticos em 1846 e tem uma inclinação do seu eixo de 28,3 graus com longas estações. Tem aproximadamente 14 luas sendo a maior chamada de Tritão. Possui, assim como Júpiter, Saturno e Urano um sistema de anéis.

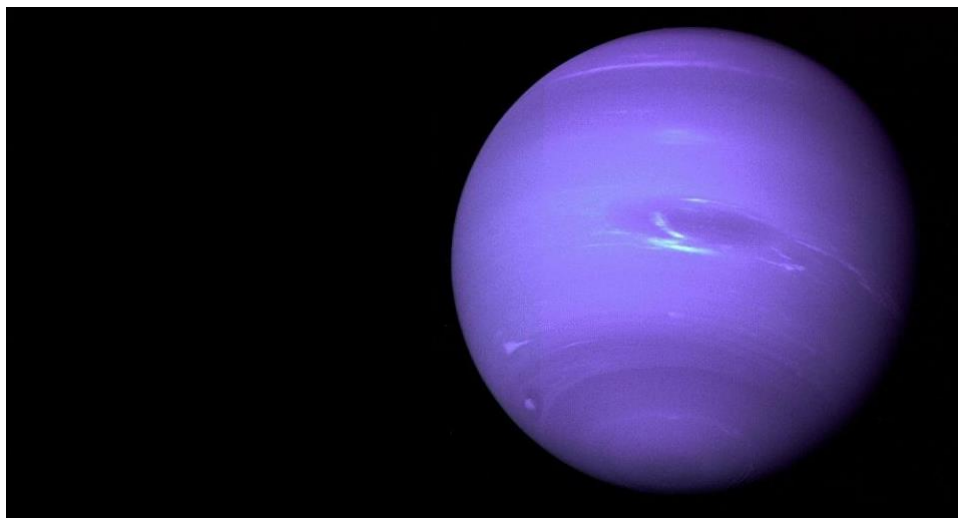


Figura 32 NETUNO (fonte: www.nationalgeographicbrasil.com)

PLANETAS ANÕES:

Plutão: é o primeiro do grupo, distando cerca de 5,9 bilhões de quilômetros do Sol. É um mundo gélido, de rocha e gelo, cuja temperatura superficial é de -230 graus. A primeira nave chegou ao mês de julho de 2015 e tirou milhares de fotos de perto do planeta. Sua órbita é muito excêntrica o que faz ficar, por vezes, mais perto do Sol do que Netuno. Tem uma inclinação de 17,1 graus e tem cinco luas: Caronte (a maior), Nix e Hydra, Cérbero e Estige.



Figura 33 PLUTÃO (fonte: www.nasa.gov)

Ceres: Era considerado um asteroide, foi descoberto em 1801 e tem 960 km de diâmetro. O único dentro da faixa de planetas anão que está no cinturão de asteroides, entre Marte e Júpiter. Está a 2,766 UA.

Éris: O nome vem da deusa grega da discórdia e é o maior dos planetas anões. Está há quase 10 bilhões de quilômetros do Sol (9 67,668 UA) e tem uma lua chamada Dysnomia.

Haumea é um *plutoide* com características pouco comuns, tais como a rápida rotação, alongação extrema e albedo elevado devido a gelo de água cristalina na superfície. A sua distância é de 43,335 UA. Foi descoberto em dezembro de 2004, e elevado oficialmente à categoria de planeta anão em 2008. Recebeu o nome da deusa havaiana do nascimento e fertilidade. Possui duas luas, chamadas **Hi'aika** e **Namaka**, acredita-se que sejam destroços que se separaram de **Haumea** devido a uma antiga colisão.

Makemake: É o terceiro maior planeta Anão do Sistema Solar e o segundo maior objeto do cinturão de Kuiper. A sua órbita chega a 45,791 UA e sua massa é de: $\sim 3 \times 10^{21}$ kg. Descoberto em 2005 recebeu seu nome em referência ao deus rapanui (Ilha da Páscoa). Foi levada oficialmente a categoria de planeta anão em 2008. Em abril de 2016, foi anunciada a descoberta de uma lua orbitando este corpo.

CINTURÃO DE ASTERÓIDES: Há uma área entre as órbitas de Marte e Júpiter, onde encontramos uma grande quantidade de asteroides orbitando o Sol. Acredita-se que estes asteroides possam ter sido “as obras” do processo de formação do Sistema Solar, e que em seu lugar deveria existir outro planeta. Estes asteroides podem colidir entre si e acabarem por sair de sua órbita, chegando a atingir algum planeta ou acabar com um satélite deste. A quem diga que Phobos e Deimos, satélites de Marte, sofreram este tipo de captura.

CINTURÃO DE KUIPER: É achatado, contém corpos gelados e cometários, e tem início logo depois da órbita de Netuno (objetos transnetunianos), o que leva à maioria de seus membros, levarem mais de 250 anos para dar uma volta completa em torno do Sol.

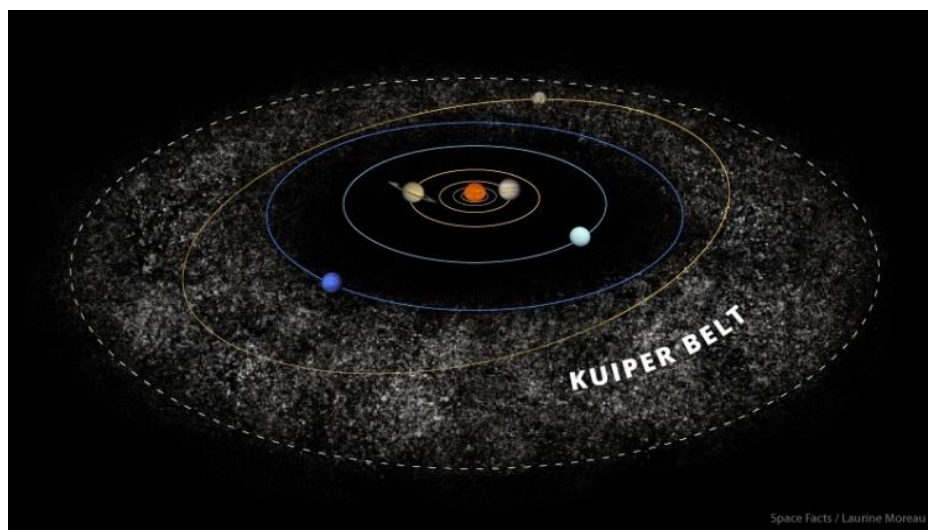


Figura 34 CINTURÃO DE KUIPER (fonte:www.sementesdasestrelas.com.br)

NUVEM DE OORT: Em 1950, a partir de análise das órbitas dos cometas, Jan Hendrik Oort afirma que os cometas de longo período (mais de 200 anos) têm origem numa mesma região do espaço. Segundo Oort, existiria uma imensa “nuvem” de núcleos cometários orbitando, a distâncias que variam de 30.000 UA a mais de 60.000 UA do Sol. Seriam mais de um trilhão de objetos, dos mais variados tamanhos. Esta área então ficou conhecida como “nuvem de Oort”. Seus limites externos marcam os confins do Sistema Solar; a chamada helipausa.

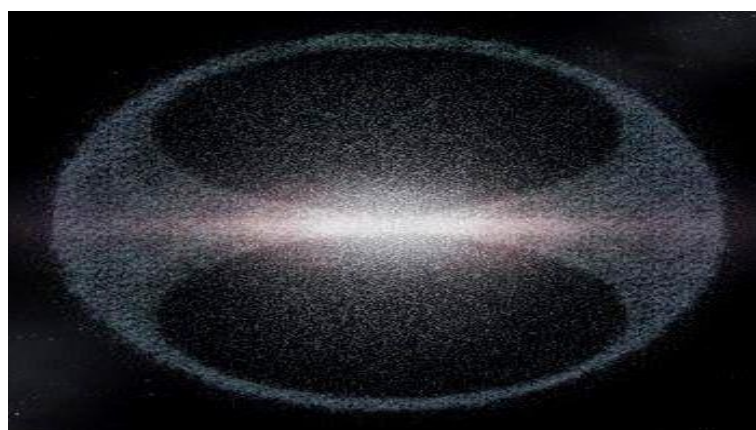


Figura 35 NUVEM DE OORT (fonte:www.astro.eufes.br)

Sol	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno
Distância do Sol	0,387	0,723	1	1,524	5,203	9,539	19,18	30,06
Período de translação	87,9d	224,7d	365,25d	686,98d	11,86a	29,46a	86,04a	164,8 ^a
Período de Rotação	58,6d	-243d	23h56min	24h37min	9h48min	10h12min	-17h54min	19h6min
Diâmetro equatorial (km)	4878	12100	12756	6786	142984	120536	51108	49538
Massa (MTerra)	0,055	0,815	1	0,107	317,9	95,2	14,6	17,2
Satélites conhecidos	0	0	1	2	67	62	27	14
Densidade (g/cm ³)	5,4	5,2	5,5	3,9	1,3	0,7	1,3	1,6

TABELA 3 COMPARAÇÃO ENTRE OS PLANETAS (fonte: <http://ciencianamao.usp.br>)

EXOPLANETAS: Apesar de não fazerem parte do nosso Sistema Solar, eles compõem seus próprios sistemas, A definição corrente é de que se trata de um planeta que orbita uma estrela que não seja o Sol. Começaram a ser descobertos, com exatidão, a partir de 1995, sendo o primeiro da lista o 51 pegasi. Esse foi o primeiro exoplaneta detectado orbitando uma estrela da sequência principal. Os métodos de detecção são os mais variados, mas o mais comum é observar variações gravitacionais e de luminosidade da estrela candidata. Muitos exoplanetas foram descobertos em sistemas binários, recebendo inclusive nomes da ficção, como o Kepler 16b, que recebeu o nome informal de Taoine, de Star War. A MISSÃO Kepler da NASA (dentre outras) faz um rastreamento constante do céu, e até a data de 15/07/2019, se tinham os seguintes números (sujeitos a confirmação), das mais variadas formas de pesquisa: 1618 planetas com boa órbita, listados no *Exoplanet Orbit Database* (EOD), 24 outros planetas, perfazendo o total confirmado de 4.000

planetas, 5.000 candidatos não confirmados da missão Kepler, onde, somando tudo, temos aproximadamente 9.000 objetos (confirmados e candidatos). Temos planetas com tamanho e massa semelhantes a Terra, que orbitam estrelas semelhantes ao nosso Sol, inclusive na chamada “zona da vida”, ou zona “habitável” e tantos outros que não comportariam formas de vida conforme conhecemos.



Figura 36 EXOPLANETA, concepção artística (fonte: www.wikipedia.org)

5. ESTRELAS

A visão do céu preenchido de estrelas inspira nossa imaginação. A beleza de sua luz nos instiga a buscar entendê-las. O que são as estrelas? De que são feitas? Como surgiram? Mas, para começarmos a entender as estrelas, precisamos conhecer mais um pouco sobre a luz.

5.1 A LUZ

A luz é um fenômeno que desafia a compreensão do homem há vários séculos. A primeira grande discussão sobre a natureza da luz ocorreu com as concepções de Isaac Newton (1642-1727) que acreditava ser a luz composta por pequenas partículas (teoria corpuscular) e a de Christian Huygens (1629-1695).

Huygens afirmava ser a luz um fenômeno ondulatório (teoria ondulatória). Experimentos de difração e polarização, realizadas por Augustin Fresnel (1788-1827) e Tomas Young (1773-1829), Nos séculos XVIII E XIX, comprovavam a natureza ondulatória da luz. A teoria do eletromagnetismo, de James Clerk Maxwell (1831-1879), concebida no século XIX, estava de acordo com os experimentos de Young e Fresnel. Segundo a teoria de Maxwell, a luz é uma onda eletromagnética da luz que se propaga no efeito de emissão de elétrons quando uma placa é iluminada por luz (efeito foto-elétrico). Foi introduzido o conceito de pacotes de energia para a luz, posteriormente chamados de fótons (partículas de luz). Hoje os físicos afirmam que a luz tem natureza “dual”, ou seja, é partícula e onda ao mesmo tempo.

A onda eletromagnética é originada na oscilação conjunta dos campos elétrico e magnético, que vibrando no espaço e no tempo, transferem energia. A vibração do campo elétrico é perpendicular à do campo magnético. A luz se propaga na direção da intersecção dos planos de oscilação desses dois campos.

As características das ondas são: o comprimento da onda, a frequência, o período e a amplitude. A amplitude está associada à energia que o transportada. O período é o intervalo de tempo necessário para que uma onda passe por um ponto. A frequência corresponde à quantidade de ondas que passam em um ponto a cada unidade de tempo, geralmente um segundo.

5.2 O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

O espectro eletromagnético (EM) é todo o conjunto das ondas eletromagnéticas com diferentes comprimentos e frequências. A luz visível é composta pela radiação eletromagnética cujos comprimentos de onda estão compreendidos entre 380nm e 750nm. A luz visível é apenas uma pequena parte do espectro EM. As ondas com comprimentos superiores aos dos limites da luz visível são: infravermelho, micro-ondas, ondas de rádio. Já as ondas com comprimento de ondas menores que os da luz visível são: ultravioleta, raios x e raios gama.

Quando olhamos para as estrelas, seja à vista desarmada ou através de um telescópio ou binóculo vê-se a luz visível irradiada de sua superfície. Esta nos traz informações sobre os processos físicos que estavam ocorrendo na estrela. Se utilizarmos instrumentos capazes de enxergar outras frequências, poderemos ampliar

nosso entendimento sobre a física estelar. Na Tabela 4 relacionamos alguns processos físicos que produzem radiação eletromagnética. Com instrumentos como rádio telescópios podemos observar as ondas de rádio que os outros corpos celestes estão emitindo.

Com telescópios de infravermelho podemos observar esta radiação que penetra através das densas nuvens de poeira interestelar e assim podemos estudar os estágios iniciais de formação das estrelas. Com os telescópios espaciais equipados com sensores de raio X e raios gama, podemos identificar e investigar regiões onde ocorreram processos explosivos de altas energia como choques de estrelas de nêutrons e jatos de matéria acelerados pelos intensos campos gravitacionais dos buracos negros.

Raios gama (<0,01nm)	Prozuidos em decaimentos radioativos e fusão termonuclear.
Raios X (0,01nm-10nm)	Prozuidos quando da desaceleração brusca de elétrons de altas energias.
Ultravioleta (10nm-400nm)	Prozuido por descargas elétricas.
Visível (380nm-750nm)	Prozuido por excitação de elétrons nos átomos.
Infravermelho (0,75mm-1mm)	Prozuido pela vibração das moléculas
Microondas (1mm-30 cm)	Prozuidos por deflexão de elétrons por campo magnético
Ondas de rádio (> 30 cm)	Prozuidos por circuitos de oscilação de cargas elétricas.

TABELA 4 Espectro Eletromagnético

5.3 DEFINIÇÃO DE ESTRELA

As estrelas são esferas de plasma (gás ionizado) altamente aquecidas, mantidas por sua gravidade, que através de reações termonucleares, no seu interior, produzem energia eletromagnética. No processo de fusão nuclear, as estrelas

produzem também elementos mais pesados que o hidrogênio, promovendo a síntese dos elementos químicos ou nucleossíntese. As estrelas têm raios que variam entre 0,01 a 1000 raios solares (raio solar = $6,95 \times 10^5$ KM). Suas massas estão compreendidas entre 0,1 e 100 massa solares (massa solar = $1,989 \times 10^{30}$ kg). Já a luminosidade das estrelas varia de 0,0001 a 10000 luminosidades solares.

5.4 A COR DAS ESTRELAS

Já sabemos que a cor das estrelas está associada à sua temperatura, como nos informa a lei de Wien. Estrelas azuis são mais quentes, pois a emissão de radiação eletromagnética se dá principalmente em comprimentos de ondas do azul que são menores que da luz visível. As estrelas amarelas têm temperaturas intermediárias e as vermelhas são as mais frias. No entanto, o espectro da luz das estrelas nos traz mais informações. Joseph Von Fraunhofer (1787-1826) descobriu, ao analisar o espectro da luz do Sol, linhas escuras. O químico inglês Robert W. Bunsen (1811-1899) observou que diferentes sais quando queimados apresentavam chamas de diferentes colorações. O físico alemão Gustav R. Kirchhoff (1824-1887), concluiu de seus experimentos com seu espectroscópio, que uma fonte de luz sólida produz um espectro contínuo.

Já um gás aquecido emitindo luz, como o observado por Bunsen, produzia um espectro discreto, ou seja, seriam apenas algumas linhas brilhantes do espectro. Caso a luz proveniente de uma fonte sólida atravessasse uma camada de gás frio, esta absorveria parcialmente a radiação, o que resultaria em um espectro contínuo com linhas de absorção, linhas faltosas, como o que Fraunhofer observou. A natureza das linhas de absorção só foi totalmente explicada no século XX com os trabalhos de Niels Bohr e outros físicos. A absorção se dava quando a radiação, oriunda da fonte sólida excitava os átomos ou moléculas presentes no gás frio, e este absorvia a radiação em determinadas frequências. Por isso, o espectro apresentava as linhas únicas. Cada elemento químico ou molécula tem um conjunto de linhas único (assinatura espectral). Dessa forma, os astrônomos puderam identificar as substâncias presentes nas camadas mais externas das estrelas.

5.5 A CLASSIFICAÇÃO ESPECTRAL

Com o conhecimento da temperatura efetiva e da assinatura espectral das estrelas no final do século XIX, os astrônomos puderam classificá-las. O observatório de Harvard propôs no início de século XX a seguinte classificação: O,B,A,F,G,K,M, com ordem decrescente de temperatura. Entre cada classe há ainda dez sub-classes de 0 a 9. Dessa forma, as estrelas do tipo O são azuis e tem temperaturas elevadas, da ordem de 50000 K. As mais frias são as vermelhas de classe espectral M, com temperaturas de 3500 K. O Sol é uma estrela de classe espectral G2 com temperatura superficial de 5800 K.

AS CORES E A CLASSIFICAÇÃO ESPECTRAL DAS ESTRELAS

Como foi visto, a cor de uma estrela está associada com a sua temperatura superficial (lembrar do corpo negro).

T superficial (K)	Classe Espectral	Cor	Exemplo
30.000	O	azul-violeta	δ Orionis (uma das 3 Marias)
20.000	B	azul	Rigel (β Orionis)
10.000	A	Branca	Vega, Sirius
7000	F	Branco-amarela	Canopus
6000	G	Amarela	Sol, α Centauri
4000	K	Laranja	Arcturus, Aldebaran
3000	M	Vermelha	Betelgeuse, Próxima Cen

Figura 37 Classificação espectral (fonte: [www.http://astro.if.ufrgs.br](http://astro.if.ufrgs.br))

5.6 DIAGRAMA DE H-R

Independentemente, o astrônomo americano Henri Norris Russel (1873-1967) e o dinamarquês Ejnar Hertzsprung (1877-1957) construíram um diagrama onde a classe espectral ou temperatura efetiva está registrada no eixo “x” (abscissa) e a luminosidade ou índices de cor estão no eixo “y” (ordenadas). A temperatura e a luminosidade das estrelas podem então ser indicadas por um ponto no diagrama HR. Distribuindo as estrelas da Via-Láctea no diagrama, percebe-se uma faixa contínua que inicia no canto superior esquerdo e vai descendo até o inferior direito. Esta faixa ficou conhecida como “A sequência Principal”. O Sol localiza-se nesta sequência. No canto superior direito algumas estrelas indicam o grupo das super-gigantes vermelhas, enquanto que no canto inferior esquerdo outro grupo destaca-se, são as anãs brancas. Com o desenvolvimento da astrofísica estelar, em particular dos modelos da estrutura estelar, ficou que no diagrama HR a massa e o raio das estrelas

crecem de cima para baixo e da esquerda para a direita. O diagrama um importante instrumento para o estudo da evolução estelar.

5.7 EVOLUÇÃO ESTELAR

Durante o século XX muitos progressos ocorreram no que diz respeito à compreensão da estrutura e evolução estelar. O principal parâmetro para se entender a evolução das estrelas é a sua massa. É a massa da estrela que determinará sua luminosidade, tempo de vida e temperatura. Quanto maior a massa menor e mais intensa será a sua vida.

5.7.1 O NASCIMENTO

O nascimento de uma estrela ocorre quando uma nuvem interestelar com milhares de massas solares colapsa gravitacionalmente não acontece espontaneamente. Acredita-se que um evento externo a nuvem provoque uma compressão na nuvem que induz a formação de glóbulos de matéria que irão, devido à gravidade sendo acrescidos de matéria até que a energia potencial gravitacional do colapso aqueça e o glóbulo irradie no infravermelho; a partir desse instante constitui-se uma proto-estrela. Atinge a temperatura de dez milhões de Kelvin e a uma densidade de cerca de 150g/cm^3 . A essa temperatura a fusão do Hidrogênio se inicia. A pressão gerada pelas explosões termonucleares equilibra a pressão gravitacional. É nesse equilíbrio entre a gravidade e a fusão nuclear que as estrelas irão viver.

O processo de fusão nuclear mais comum em estrelas de pequenas massas como o Sol, e que irá durar mais da metade da vida de uma estrela como o Sol, é chamado de ciclo próton-próton. Nesse processo dois núcleos de hidrogênio, ou dois prótons, se unem emitindo um pósitron e um neutrino, formando um núcleo de hidrogênio pesado, deutério. O deutério sofre uma nova reação de fusão com um próton, emitindo fóton de raios gama, formando um núcleo de Hélio 3. Quando dois desses núcleos de Hélio 3 se fundem liberam dois prótons reiniciando o ciclo e dando origem a um novo núcleo e dando origem a um novo núcleo de Hélio 4. No ciclo próton-próton quatro núcleos de hidrogênio sofrem fusão e formam um núcleo de Hélio 4. A diferença entre a massa do núcleo Hélio 4 e dos 4 núcleos de Hidrogênio é convertida em energia, como previsto pela equação de Einstein (1879-1955) $E=m.c^2$. Este é o processo que faz as estrelas brilharem.

5.7.2 A VIDA DAS ESTRELAS

Quando a fusão nuclear inicia no interior das estrelas, a pressão de radiação e o vento estelar expulsam a nuvem que circunda a proto-estrela. A luz da recém-formada estrela pode propagar-se livremente no espaço. Nesses momentos iniciais de sua vida, as estrelas iluminam e excitam as imensas nuvens de hidrogênio e hélio, que passam a irradiar e refletir a luz. A grande nebulosa do Órion (M42) e a nebulosa da lagoa (M8) na constelação de Sagitário são dois dos exemplos mais belos desses berçários estelares.

Devido a essa gênese localizada, é bem comum que as estrelas nasçam em verdadeiras ninhadas. A ação gravitacional mútua as faz evoluírem em agrupamentos de centenas e até milhares de componentes. Estes são conhecidos como aglomerados estelares. Há dois grupos de aglomerados: os abertos ou galácticos e os globulares. Os aglomerados abertos estão localizados no disco galáctico, enquanto que os globulares estão localizados em torno da galáxia, em uma região conhecida como halo galáctico. Os aglomerados abertos mais brilhantes, visíveis mesmo à vista desarmada são as Plêiades (M45) e as Híades, ambos na constelação de Touro. Outros exemplos são o aglomerado de Ptolomeu (M6) e o aglomerado da Borboleta (M7) ambos em Escorpião, o Presépio ou colmeia (M44) em Câncer e (M35) em Gêmeos. As estrelas nos aglomerados são mais jovens e luminosas que estrelas da sequência principal, ou seja, sua produção de energia está baseada na conversão de hidrogênio em hélio. Elas passam a maior parte de sua vida na sequência principal.

A massa da estrela é o parâmetro que determina o quão longa será sua vida, quanto maior a massa menor o tempo de vida e vice-versa. Isso ocorre porque a densidade e a temperatura no núcleo aumentam muito com a massa, acelerando a fusão, encurtando o tempo de vida. Quando o hidrogênio fica escasso no núcleo, a pressão da fusão já não suporta a pressão gravitacional. O núcleo então se contrai elevando a temperatura, iniciando novos ciclos de fusão que irão dar origem a elementos mais pesados, como carbono, silício e outros. A estrela vai, dessa forma, ficando estratificada com os elementos mais pesados no seu centro. Alguns autores afirmam que a estrela fica parecida com uma cebola e em cada camada queima um ciclo particular. Durante sua vida a estrela vai, dessa maneira, produzindo os elementos químicos e a luz que preenche o universo.

O processo de síntese química na estrela produz a pressão necessária para conter o colapso gravitacional. Porém, quando o elemento químico Ferro é formado, em estrelas de grande massa, as reações nucleares deixam de ter energia suficiente para deter a gravidade. A estrela começa a morrer.

5.7.3 A MORTE

Estudos de evolução estelar indicam que há três formas de uma estrela morrer. Quando o colapso gravitacional já não é mais detido pelo núcleo em fusão. Este se contrai, enquanto as camadas externas da estrela são dispersas no espaço. Quando a estrela tem massa menor que 2,3 massas solares, a contração é suportada pela chamada pressão de degenerescência dos elétrons. A estrela torna-se assim uma Anã branca, uma pequena estrela, que já não mais realiza a fusão nuclear e que irá tornar-se uma anã negra.

Quando no final da sua vida, a estrela tem entre 2,3 e 10 massas solares a pressão dos elétrons não é suficiente para deter o colapso gravitacional. A estrela contrai-se até atingir um diâmetro de apenas alguns quilômetros, quando a pressão dos nêutrons. Esse processo é em geral violento, e a queda das camadas externas da estrela se converte sua energia gravitacional em calor destruindo-as em uma fantástica explosão. Este evento é conhecido como **supernova**.

Uma supernova pode superar em brilho toda uma galáxia. Uma única estrela pode ser mais luminosa que centenas de bilhões. Mas, para estrelas com massas superiores a 10 massas solares, não há nada, nenhuma força na natureza que suporte a pressão gravitacional e toda a massa se contrai até um ponto do espaço. Forma-se então o buraco negro estelar. O buraco negro é uma região de intenso campo gravitacional, onde o tempo e o espaço. Forma-se então o buraco negro.

O buraco negro é uma região de intenso campo gravitacional, onde o tempo e o espaço deixam de existir. Nas regiões que circundam o buraco negro a intensa curvatura no espaço-tempo, acelera a matéria próxima fazendo-a emitir, através da região em torno, onde intensa radiação é emitida continuamente.

As estrelas são ao que tudo indica os principais elementos geradores da complexidade que observamos no Universo. Seja pela existência do nucleossíntese, pela sua luminosidade ou por sua vida, as estrelas enriquecem todo o Cosmos.

6. CONSTELAÇÕES.

Desde épocas imemoriais, o ser humano contempla o céu. Desta atenta observação os homens perceberam que podiam antecipar épocas de frio, calor, chuvas, secas, inundações, melhores condições para plantio, colheita, caça, e etc. As estrelas serviam também para orientação em terra e no mar e, além de tudo isso, medir o tempo (dias, semanas, meses e anos). Os nossos antepassados contavam com um céu escuro sem poluição a luminosa da atualidade e, por necessidade, começaram a determinar alguns padrões no céu.

Os egípcios, os caldeus, sumérios, babilônios, hindus, persas, gregos, romanos, chineses, árabes, índios, americanos, aborígenes, australianos, nativos africanos, enfim a espécie humana usou, principalmente, a mitologia para criar figuras entre as estrelas. Destas figuras de heróis, deuses, monstros, animais, objetos do cotidiano, surgiram às constelações. Para estes povos as constelações significavam apenas a união de estrelas por meio de linhas imaginárias para facilitar o reconhecimento das estrelas visíveis a olho nu que eles imaginavam estarem fixas na abóbada celeste e todas estavam à mesma distância da Terra.

Atualmente, constelação significa região do céu onde são encontradas também estrelas que não são visíveis à vista desarmada. Por exemplo, o Cruzeiro do Sul tem cinco estrelas visíveis sem auxílio de instrumentos ópticos. Mas quando usamos um binóculo pelo menos, vemos centenas de estrelas naquela constelação.

No século XX, por vota de 1928, a União Astronômica Internacional (UAI) resolveu um problema que assolava a comunidade astronômica mundial: algumas constelações foram criadas por determinados países e não eram aceitos por outros. Tomemos como exemplo a constelação chamada Torre Eiffel. Os franceses inventaram e os ingleses, logicamente, não reconheciam tal constelação. Isso gerava atritos e dificuldades quando apareciam objetos celestes nessas localizações. O problema foi resolvido quando foram estabelecidas 88 constelações, das quais 49 foram tiradas do almagesto, livro de Ptolomeu, e as demais foram criadas em consenso pelos astrônomos: Cruzeiro do Sul, Telescópio, Índio, Microscópio, Vela, Carina, Popa, Bússola, Mosca, Camaleão, etc. Essas 88 constelações são aceitas no mundo todo. Quando um objeto aparece, por exemplo, na constelação da Vela, toda comunidade astronômica sabe em que região está evitando assim a confusão que havia no passado.

Existem mapas (cartas celestes) que facilitam a identificação das estrelas durante o ano. Fica bem mais fácil para o principiante de posse dos mapas, num local escuro, usando uma lanterna de luz vermelha e sabendo onde fica o sul e o norte, começar sua aventura e exploração do céu. Deve-se começar pelas constelações mais conhecidas ou aquelas quem tem estrelas mais brilhantes. Uma constelação fácil de reconhecer é a do Órion. Para identificá-las, devemos localizar três estrelas próximas entre si, de mesmo brilho aparente e alinhado; elas são as chamadas Três Marias e representa o cinturão da constelação de Órion, o gigante caçador. Seus Nomes são Mintaka, Alnilan e Alnitak.

Segundo a lenda, Órion está acompanhado de dois cães de caça, representado pelas constelações do Cão Maior e do Cão Menor. Na região temos Sirius, a estrela mais brilhante do céu noturno, e é facilmente identificável a sudeste das Três Marias. Já Procyon é a estrela mais brilhante do Cão Menor e aparece a leste das Três Marias. Betelgeuse, Sirius e Procyon formam um grande triângulo. As estrelas de uma constelação só estão aparentemente próximas na esfera celeste, pois na verdade estão em distâncias reais da Terra bem diferentes.

6.1 AS CONSTELAÇÃO POR REGIÕES

As Constelações podem ser divididas da seguinte maneira por zonas:

- **Austrais:** Circunus, centauros, Phoenix, Pavo, Norma, Columba, Microscopium, Corona Australis, Lupus, Crux, Dorado, Musca, Indus, Horologium, Fornax, Pictor, Carina, Piscis Austrinus, Antlia, Volans, Vela, Ara, Tucana, Triangulum Australe, Caelum, Gruss, Puppiis, Pyxis, Reticulum, Sculptor e Telescopium;
- **Boreais:** Leo Menor, Lacerta, Ursa Maior, Perseus, Lynx, Lyra, Hércules, Triangulum, Corona Borealis, Cassiopea, Andromeda, auriga, Canis Venatici e Cygnus;
- **Equatoriais:** Vulpecula, Bootes, Canis Menor, Canis Maior, Sextans, Serpens, Scutum, Aquila, Sagitta, Monoceros, Eridanus, Delphinus, Crater, Equuleus, Corvus, Coma Berenices, Hydra, Ohiuchus, Orion, Pegasus, Cetus, Lepus;

- **Zodiacais:** Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpius, Ophiuchus, Sagittarius, Capricornius, Aquarius e Pisces;
- **Próximas ao Pólo Norte Celeste:** Draco, Cepheus, Camelopardus, e Ursa Maior;
- **Próximas ao Pólo Sul Celeste:** Octans, Chamaeleon, Mensa, Apus e Hydrus;

6.2 CONSTELAÇÕES REFERENCIAIS

6.2.1 URSA MAIOR

A Ursa Menor é uma constelação muito importante tanto para nós da atualidade quanto foi para os povos da antiguidade, isso pelo fato de incluir a Estrela Polar. Ao longo dos séculos, essa estrela tem sido a referência do polo Norte. Por isso, era quase imprescindível para os velhos navegadores das regiões Boreais. E, por isso mesmo, de nada servia para os mares austrais. Neste caso, a referência é o Cruzeiro do Sul. Esta última, de tal maneira era importante, que figura na bandeira brasileira. Curiosa é a história mitológica desta constelação, como de todas as outras. A imagem que reproduzimos é bem elucidativa. Os antigos viam, inscrito nesse agrupamento de estrelas, uma urso.



Figura 38 URSA MAIOR (fonte: www.educamaisbrasil.com)

6.2.2 CRUZEIRO DO SUL

A constelação mais representativa do Hemisfério Sul é a cruz do Sul, ou Cruzeiro do Sul, que além do Escudo Brasileiro e alguns Selos postais, integra as Bandeiras Nacionais do Brasil, Austrália, Nova Zelândia, Papua Nova Guiné e Samoa Ocidental. Cruzeiro do Sul é uma constelação meridional, também chamada Crux.

Dados históricos da constelação do Cruzeiro do Sul:

- Ptolomeu a colocava como parte de Centaurus;
- Para os romanos, chamava-se “Thronos Caesaris” em homenagem a Augusto. Não era visível de Roma, mas o era de Alexandria;
- Al Biruni conta que na Índia era chamada de Snia, a viga da crucificação;
- Dante se refere a ela no purgatório;
- Nota: Cruzeiro do Sul é também o nome de 3 municípios, de três cidades brasileiras, localizadas nos estados do Acre, Paraná e Rio Grande do Sul.



Figura 39 CONSTELAÇÃO CRUZEIRO DO SUL, concepção artística
(fonte: www.educamaisbrasil.com)

7. GALÁXIAS, NEBULOSAS E AGLOMERADOS

7.1 GALAXIAS

Até o início do século XX, cerca de 15.000 objetos celestes difusos foram catalogados, os quais se enquadravam em uma única categoria – “nebulosas”. Hoje

sabemos que esses objetos se dividem em várias outras classificações, como aglomerados de estrelas, nebulosas e galáxias. E a denominação que engloba todos esses objetos astronômicos difusos chama-se “objeto de céu profundo”. Há pouco menos de um século, acreditava-se que as galáxias-nebulosas espirais, como eram chamadas- eram objetos menores do que realmente são internos e pertencentes a nossa galáxia distintas, exteriores e independentes da nossa.

Durante muito tempo, houve apenas especulações filosóficas sobre a natureza desses objetos, como o fez Immanuel Kant, quando elaborou a hipótese dos Universos Ilha. Contudo, foi somente em 1923 que Edwin Powell Hubble evidenciou empiricamente que as “nebulosas espirais” eram galáxias distintas, exteriores e independentes da nossa.

7.1.1 DEFINIÇÃO ATUAL

As Galáxias são sistemas de bilhões ou trilhões de estrelas e outros objetos, como nebulosas, aglomerados estelares e planetas, unidos entre si por forças gravitacionais, interagindo e girando em torno do mesmo centro de massa.

7.1.2 CLASSIFICAÇÃO MORFOLÓGICA

As galáxias se apresentam em várias formas e estruturas quando observadas contra o céu escuro. Predominam as galáxias elípticas e espirais, havendo também as de formato indefinido, chamadas irregulares. Essas denominações provêm de um dos primeiros e mais simples métodos de classificação morfológica de galáxias, elaborado pelo mesmo Edwin Hubble em 1936.

Espirais



Figura 40 Galáxia espiral (fonte: eso.org)

As galáxias espirais possuem essa denominação pelo claro aspecto espiral que apresentam quando observadas “de cima”, isto é perpendicularmente ao plano do disco. Quando vistas do perfil, mostram-se como uma faixa luminosa, pois são achatadas, não esféricas. Compõem sua estrutura o **disco**, o **núcleo**, o **halo** e os **braços espirais**, que partem do núcleo e parecem envolvê-lo, num belo arranjo helicoidal.

Segundo a classificação de Hubble, as galáxias espirais podem ser Sa, Sb ou Sc, a depender do espaço estrutural de cada uma, especialmente tamanho e separação entre os braços e o núcleo.

Espirais Barradas



Figura 41 Galáxia Espiral barrada (fonte: www.eso.org)

As galáxias barradas (SB) diferenciam-se das espirais regulares (S) por exibirem formato de barra, ou cilindro. Os braços emergem das duas extremidades desta barra e parecem girar não em torno do núcleo, mas acompanhando a rotação da barra. Mais da metade das galáxias conhecidas são barradas, inclusive a nossa.

Elípticas



Figura 42 Galáxia elíptica (fonte: www.eso.org)

Estas galáxias têm forma esférica ou elipsoidal. Ao contrário das espirais, elas não são discoidais. Ainda que uma galáxia elíptica tenha grande excentricidade, jamais será tão achatada quanto uma espiral. Em seu interior, há muito pouco material interestelar, como gás e poeira. Há um predomínio de estrelas velhas, principal motivo pelo qual as elípticas são sempre amareladas. A variação de tamanho entre as elípticas é muito maior que nas espirais, havendo desde gigantes de trilhões de massa solares e milhões de anos luz de diâmetro a galáxias anãs de apenas alguns milhares de ano-luz de diâmetro. Na classificação de Hubble, compreendem uma escala que vai de E0 a E7, de acordo com sua excentricidade.

Irregulares



Figura 43 Galáxia Irregular (fonte: www.eso.org)

Nem espirais, nem elípticas, essas galáxias não tem forma ou padrão definidos. Nelas predominam regiões de formação estelar, com nebulosas e estrelas jovens, o que sugere que essas galáxias sejam recém-formadas. Outras aparecem espirais deformadas pela perturbação de uma vizinha mais massiva. Os exemplos mais notáveis são as duas nuvens de Magalhães-Grande e a Pequena, visíveis à vista desarmada em locais de céu escuro no hemisfério Sul.

7.1.3 A NOSSA GALÁXIA

Durante milênios, a faixa leitosa repleta de estrelas que corta os nossos céus inspirou lendas e mitos entre diversos povos. Para os gregos, era o leite que escorrera do Seio de Hera, enquanto amamentava Hércules. Hoje sabemos que se trata de apenas uma das incontáveis de outras galáxias do Universo, mas, esta é especial para nós, por nela habitarmos.



Figura 44 Via láctea concepção artística (fonte: www.eso.org)

A nossa Galáxia é classificada como uma espiral barrada, de classificação do tipo SBc. Tem uma massa aproximada a 900 bilhões de massas solares e diâmetro em torno de 100 mil anos-luz, possuindo cerca de 200 bilhões de estrelas.

7.1.4 AGLOMERADOS DE GALÁXIAS

Devido à forte atração gravitacional, as galáxias normalmente não ocorrem em situação de isolamento no universo, mas ao contrário, em grupos.

O Grande aglomerado de Virgem é um bom exemplo de aglomerado galáctico observável com modestos instrumentos. Possui cerca de 2500 galáxias, sendo governadas por algumas gigantes elípticas, como M48, M86 e M87.

Grupo local

A nossa Galáxia, via láctea faz parte de um pequeno aglomerado de galáxias que contém aproximadamente 50 elementos, sendo a via láctea e Andrômeda os dois maiores membros, ambos espirais. Há ainda a espiral (M33), a galáxia do Triângulo, a terceira maior do grupo, o restante é composto por galáxias satélites maiores, como as nuvens de Magalhães e as elípticas M32 e M110 (de Andrômeda), entre algumas outras irregulares e anãs elípticas independentes.

Superaglomerados

Aglomerado de gigantescas estruturas que contêm dois ou mais aglomerados galácticos. Essa teoria foi proposta e comprovada na década de 1950, por Gerard de Voucouleurs. O grupo local, juntamente com o cúmulo da Virgem, forma o superaglomerado global, que compreende mais de 100 milhões de anos-luz e uma massa de aproximadamente 100 trilhões de massas solares.

7.1.5 COLISÕES ENTRE GALÁXIAS.

As galáxias estão relativamente próximas, no universo, umas das outras. Isso permite que elas estejam em constante interação mútua ao observar o céu com telescópios, pode-se flagrar incontáveis exemplos de pares de galáxias, ou galáxias binárias, que estão num processo de colisão por meio de efeitos de maré gravitacional.

7.2 NEBULOSAS

Objetos internos às galáxias, especialmente espirais e irregulares, são imensas nuvens de gás e poeira interestelar. Brilham por diversas razões, como visto a seguir, ou simplesmente não brilham, escondendo o que se encontra atrás de si.



Figura 45 Nebulosas (fonte: www.eso.org)

Nebulosas de Emissão

Chama-se nebulosa de emissão uma nuvem cuja luz emitida origina-se em seu próprio interior, por meio da ionização do gás que a forma. A grande Nebulosa da Tarântula e a Nebulosa da Lagoa são exemplos de nebulosas de emissão.

Nebulosas de Reflexão

São nebulosas constituídas principalmente de poeira que reflete a luz de estrelas vizinhas. São geralmente de cor azul. As nebulosas em volta de Antares, Rigel e das Plêiades podem ser citadas como exemplos de nebulosas de reflexão, pois brilham ao refletir a luz daquelas estrelas.

Nebulosas Planetárias

Esse tipo particular de nebulosa de emissão está associado ao final da vida de uma estrela, que liberou suas camadas mais externas, formando uma nuvem ao seu redor, que, por sua vez ao ionizar-se e emite luz. Por se constituírem num espetacular festival de cores e pela sua efemeridade, essas nebulosas estão entre as joias mais preciosas dentre os objetos de céu profundo.

Restos de Supernovas

Muitas vezes incluídas na categoria de nebulosas planetárias, essas nebulosas na verdade originaram-se a partir de violentas explosões de estrelas em eventos denominados “supernova”, em que, ao final da sua vida, a estrela colapsa sobre si mesma, brilhando mais que uma galáxia inteira, e exalando suas camadas exteriores, que formam belas nuvens constituídas por gás, poeira e de todos os elementos sintetizados durante a vida estelar.

Nebulosas escuras

Estas nuvens de gás e poeira, apesar de, em muitos casos, terem zonas de formação estelar em seu interior, não emitem luz no visível, devido à grande concentração de poeira. São percebidas observacionalmente pelo bloqueio da luz de

outras nebulosas, ou pelo obscurecimento das estrelas ao fundo. Exemplos destas gélidas nuvens são as nebulosas Saco de Carvão e Cabeça de Cavalo.

7.3 AGLOMERADOS ESTELARES

Agrupamentos de estelares constituídos de estrelas irmãs, formadas da mesma nuvem, com mesma idade e composição química. Subdividem-se em duas categorias: aglomerados abertos e aglomerados globulares.



Figura 46 Aglomerado estelar (fonte: www.eso.org)

Aglomerados Abertos

Jovens grupos de estrelas (com apenas algumas centenas de milhões de anos), esses aglomerados são encontrados maioritariamente em galáxias espirais e irregulares e são compostos de estrelas de mesmas características e ligadas entre si por forças gravitacionais. Não tão populosos quanto os globulares, esses cúmulos poucas vezes passam de algumas centenas de estrelas. O exemplo mais notável no céu são as Plêiades, ou M45, em que podem ser vistas sete estrelas distintas a olho nu.



Figura 47 – Aglomerado aberto (FONTE:WWW.astro.if.ufrs.org.br)

Aglomerados Globulares

Formados de maneira semelhante aos abertos, estes aglomerados são, entretanto, geralmente bem mais densos contendo, de dezenas de milhares, a alguns milhões de estrelas, em um volume aproximado de até 200 anos-luz. Em galáxias espirais, como a Via Láctea, eles se concentram no halo, especialmente em volta do centro. São conhecidos mais de 150 cúmulos globulares na nossa galáxia, sendo o maior, mais massivo e mais luminoso visto da Terra, o Ômega Centauri, que contém cerca de 10 milhões de estrelas distribuídas num diâmetro de 150 anos-luz, e que pode ser visto a olho nu como uma nebulosidade circular branca na constelação do centauro.



Figura 48 - Aglomerados globulares (fonte: www.eso.org)

LINKS RECOMENDADOS

Institucionais:

Observatorio Nacional: <http://www.on.br/> (em português)

NASA: <http://www.nasa.gov/>

European Southern Observatory: <http://www.eso.org/public/>

Notícias e periódicos:

Sky and Telescope: <http://www.skyandtelescope.com/>

Astronomy Magazine: <http://www.astronomy.com/>

Scientific American: <http://www.scientificamerican.com/>

Universe today :<http://www.universetoday.com/>

Space.com: <http://www.space.com/>

Earth-sky:<http://www.earthsky.org/>

Space today: <http://spacetoday.com.br/> (em português)

Compêndio de recursos Online da S&T: <http://www.skyandtelescope3.com/online-resources/>

Ferramentas e Software:

Stellarium: <http://www.stellarium.org/>

Heavens-above:<http://www.heavens-above.com/>

REFERÊNCIAS

ATHAYDE, Saladina Amoedo. **Processo Educacional no Ensino da Ciências e Biologia na Perspectiva da Astrobiologia**. Feira de Santana, 2015. 60f.: il. Dissertação (Mestrado em ensino da Astronomia) – Programa de pós graduação em Astromomia, Universidade estadual de Feira de Santana.

BOCZKO. R. **Conceitos de Astronomia**. São Paulo: Blücher Ltda, 1984.

FARA, Patricia. **Uma Breve História da Ciência**.- 1ª ed. São Paulo: Fundamento Educacional Ltda, 2014.

IVANISSEVICH, Alicia [et al]. **Astronomia Hoje**.- Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2010,168p. : il.

GOMES, K. Fernanda. **O Lúdico na Escola**: atividades lúdicas no cotidiano das escolas de ensino fundamental no município de Araras. São Paulo, 2009.33f. Trabalho de Conclusão de Curso-Departamento em Pedagogia, Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista.

KOROVAEFF, C. Kouzmin. **O Fascinante Mundo da Astronomia**- Tradução. São Paulo: Escala, 2010.

LABROW, Mark. **Atividades Criativas para Sala de Aula**. – 2ª ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2012.

LUIZ, Jessica. M Maques. [et al]. **As concepções de Jogos, para Piaget, Wallon e Vygotski**. Buenos Aires, 2014. In: Revista Digital EFDdesportes.com - (Nº 195). Disponível em: <<http://efdesportes.com>>. Acesso em: 5 de out, 2019.

MIRANDA, J.C. [et al]. **Jogos Didáticos para o Ensino da Astronomia no Ensino Fundamental**. In: Revista Scientia Plena (Vol 12, Nº 02). 2016.p 1-11 Disponível em: <www.scientiaplenu.org.br>. Acesso em: 5 de Jan,2019.

NOBRE Jr., A. P., **Dissertação de Mestrado: Um curso de Astronomia**, Mestrado Profissional em Astronomia, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2020.

TOBIAS, S. A. Ponciano. **Astronomia**: o lúdico como forma de desvendar os segredos do Sistema Solar e do universo no ensino de ciências. Paraná, 2013. 52f. Projeto de Intervenção Pedagógica na escola (Superintendência da Educação Diretoria de políticas e Programas Educacionais) - Programa de desenvolvimento Educacional, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

TYSON, Neil Degrasse. **Astrofísica para apressados**; Tradução Alexandre Martins - 1.ed.-São Paulo : Planeta,2017.

TYSON, Neil Degrasse. **Origens**: catorze bilhões de anos de evolução cósmica; Tradução Rosaura Eichenberg -1.ed.-São Paulo : Planeta do Brasil, 2015, 384p.

SAGAN, Carl. **Cosmos**.- 1ª ed. – São Paulo: Companhia das letras, 2017.

SAGAN, Carl. **Pálido Ponto Azul**: Uma visão do futuro da humanidade no Espaço.- 2ª ed. – São Paulo: Companhia das letras, 2019.

Sparrow, Gilles. **50 ideias de Astronomia que você precisa conhecer**; tradução Helena Londres .1 ed-São Paulo : Planeta

Pós-Graduação em **Astronomia**
MESTRADO PROFISSIONAL
UEFS



TERMO DE VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Atestamos para os devidos fins que os produtos educacionais intitulados **CURSO BÁSICO DE ASTRONOMIA** e o jogo didático **EDUCA SPACE** são aplicáveis para professores e estudantes da educação básica e ensino fundamental. Além disso, o jogo didático **EDUCA SPACE** foi apresentado no evento "Seminário de Práticas Exitosas na Educação Básica", realizado dia 07 de dezembro de 2018, no LABOFIS - UEFS, com a participação de 35 estudantes da graduação.

TERMO DE VALIDAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Feira de Santana, 22 de agosto de 2020

Prof. Carlos Alberto de Lima Ribeiro

Presidente da Banca de Avaliação:

Profa. Dra. Vera Aparecida Fernandes Martin (DFIS-UEFS)

Prof. Carlos Alberto de Lima Ribeiro

Membro Interno de Mestrado Profissional em Astronomia:

Prof. Dr. Nazareno Getter Ferreira de Medeiros (DFIS-UEFS)

Prof. Carlos Alberto de Lima Ribeiro

Membro Externo – Convidado:

Profa. Me. Giuana Alves da Silva (UNEF)