

Fundamentos de Astronomia

[AGA0215]

Prof Augusto Damineli

Prof Eduardo Cypriano

Julia Leite

30 de agosto de 2021

Sumário

| | | |
|----------|---------------------------------------|----------|
| 1 | Astronomia e humanidade | 2 |
| 1.1 | Origem | 2 |
| 1.2 | Astronomia moderna | 2 |
| 2 | O Céu Aparente | 3 |
| 2.1 | Modelo Geocêntrico | 5 |
| 2.2 | Renascimento da Astronomia | 5 |
| 2.3 | Modelo Heliocêntrico | 6 |
| 2.4 | Observatório de Tycho Brahe | 6 |
| 2.5 | Galileu Galilei | 6 |
| 2.6 | Kepler | 6 |
| 2.7 | Newton | 6 |
| 2.8 | Lei da Gravidade | 6 |
| 2.9 | Movimento orbital e a massa | 7 |
| 2.10 | Movimento aparente | 7 |
| 2.11 | Medidas de Tempo | 7 |
| 3 | Dia e Noite | 7 |

1 Astronomia e humanidade

1.1 Origem

Texto mais antigo sobre astronomia encontrado na mesopotâmia (atual Iraque) tem observações sobre o planeta Vênus, datado de 1600 a.C.

Existem gravuras mais antigas, mas que não podem ser traduzidos como dados, originados da China, de 2700 a.C., da Irlanda (de 3400 a.C.), França (17 000 a.C.), entre outros....

Até animais se guiam pelos padrões dos astros, como as aves migratórias e as plantas (fototropismo)

Antiguidade havia necessidade de entender e gerenciar os ciclos de tempo (estações) para saber quando plantar, estocar, etc.

Primeiro, usando a Lua para marcar tempo e estações. Só que o ciclo tem 29 dias e meio, então a cada 2 anos o calendário estava quase um mês atrasado.

Depois, o Sol passou a ser usado como referência, por exemplo, quando ele nascia e se punha perto da estrela Aldebaran as vacas engravidaram e a constelação (estelas perto) foi chamada de touro, simbolizando a primavera. Quando Regulus nascia antes do sol, começava o verão e foi criada a constelação de Leão. Fomalhaut indicava o outono e Antares, o inverno.

Essas 4 estrelas marcavam o deslocamento do sol ao longo do ano e a trajetória foi chamada de Zodíaco (caminho dos animais)

No Egito, as estrelas eram usadas no lugar da Lua para determinar a duração do ano com maior precisão, o que permitiu a formação de cidades, excedentes na agricultura, tempo de ócio, ...

A observação do céu também remonta a motivos religiosos, há registros em povos extintos da Austrália, nos guaranis, nos mesopotâmios, entre outros. Isso se reflete na origem da serpente como símbolo da medicina (serpente Tiamat que traz a ideia de fazer uma viagem ritual às origens do universo, quando não existia doença), reveillon (festa da primavera), Natal, ...

O céu também foi usado para transmitir ensinamentos como com a história do caçador Orion que invadiu a floresta de Diana, que, para castigá-lo, mandou um escorpião picá-lo, só que o caçador é tão ligeiro que o escorpião nunca o alcança. Ou os boorongs que usavam as estrelas Altair Achernar para ensinar a não praticar o incesto.

1.2 Astronomia moderna

Os gregos uniram o conhecimento dos babilônios e Egito, aprimorada por Tales de Mileto para estruturar a astronomia sólida.

Pitágoras formulou que corpos celestes são redondos, seguem movimentos circulares e a natureza se expressa por números.

Aristóteles usou a forma da sombra da Terra na Lua nos eclipses para argumentar que era redonda.

Aristarco de Samos usou o a duração dos eclipses e a velocidade da Lua no céu para estimar que ela deveria ter $\frac{1}{3}$ do tamanho da Terra e que o Sol estava distante e era maior que a Terra. Ele, então, formulou uma concepção heliocentrista mas que não foi muito aceita... 2 mil anos depois, foi defendida por Copérnico.

Eratóstenes de Alexandria sabendo que a Terra é redonda e medindo a diferença de inclinação do Sol quando se caminhava para Sul, calculou o diâmetro da Terra

Hiparco de Nicéia fez o primeiro catálogo estelar quantitativo (com posição e brilho) e é considerado o pai da astronomia moderna, seu modelo da Terra no centro e os astros em volta foi a base para o modelo de ciclos e epiciclos de **Ptolomeu**.

Com o fim da Idade Média, os árabes re-inseriram os textos gregos levando a um renascimento cultural, nesse contexto, **Nicolau Copérnico** re-propôs o sistema heliocêntrico.

Mais tarde, **Johanes Kepler** utilizou as medidas de Tycho Brahe para descobrir a órbita elíptica de Marte.

Galileu observou as manchas solares e as órbitas das luas de Júpiter soterrando, assim, o geocentrismo. Além disso, criou a concepção de movimento inercial retilíneo ao invés de circular, usado, posteriormente, por Newton.

Isaac Newton baseado em Galileu e Kepler para utilizou três princípios fundamentais para descrever o movimento de qualquer corpo.

No século XX, surgiu a teoria da relatividade de **Einstein** que mostra o espaço como curvo, o tempo deixa de ser uniforme e buracos negros e lentes gravitacionais passam a ser possíveis.

A mecânica quântica desvendou o mundo sub-atômico e trouxe uma visão dos eventos nas primeiras frações de segundo do universo.

2 O Céu Aparente

Céu aparente: observação dos astros a partir da Terra.

Civilizações Antigas (Babilônios, Egípcios e Gregos) tentavam entender como o movimento dos astros poderia influenciar a vida na Terra, eles consideram os planetas como Deuses e desenvolveram a astrologia, tentavam identificar o que aconteceria na Terra a partir do movimento dos astros no céu.

Já os **romanos** construíram as fundações do que conhecemos hoje em dia como **Astronomia** (os gregos também tinham observações mais detalhadas).

O pensamento geocêntrico predominou até o Renascimento

Adotaremos o ponto de vista geocêntrico nessa aula...

O céu que nos cerca não é imóvel

Movimento aparente do sol: nasce e se põe → sombra do guarda sol se movendo

Movimento aparente: durante a noite as estrelas nascem no leste do horizonte, cruzam o céu e se põe no lado oeste.

Esfera celeste: esfera de raio arbitrário (pode passar por qualquer astro) concêntrica na Terra que facilita compreender o movimento dos astros

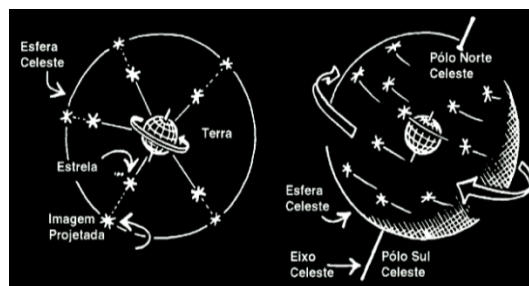


Figura 1: Exemplo de esfera celeste

- **Zênite:** ponto mais alto na esfera celeste (direção vertical)
- **Nadir:** oposto ao Zênite
- **Horizonte:** divisão entre a terra (plana localmente) e o céu
- **Meridiano local:** de um polo ao outro passando pelo Zênite

Nos polos, conseguimos ver a trajetória dos astros na horizontal, no Equador é perpendicular. Já entre os polos, os trajetos são inclinados na direção ao polo oposto

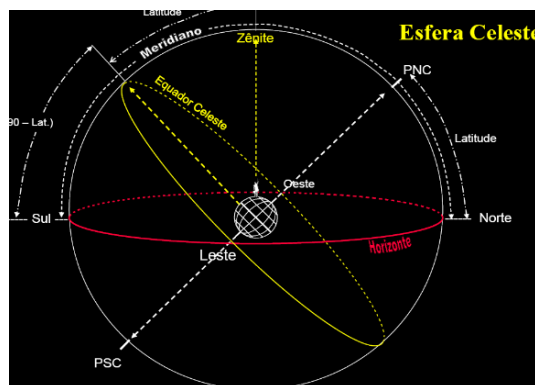


Figura 2: Detalhamento da esfera celeste

Sol nasce na direção leste, mas o local exato varia ao longo do ano

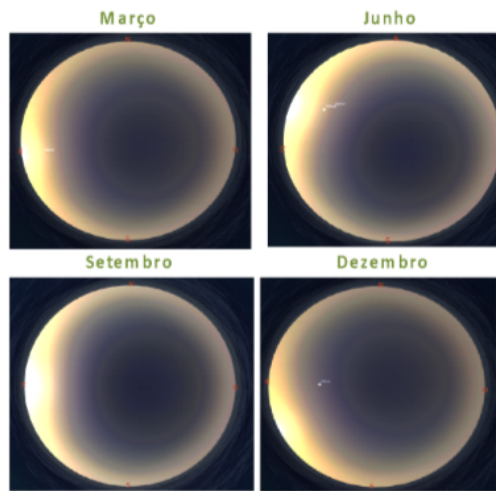


Figura 3: O sol se move para o norte ou sul dependendo da época do ano

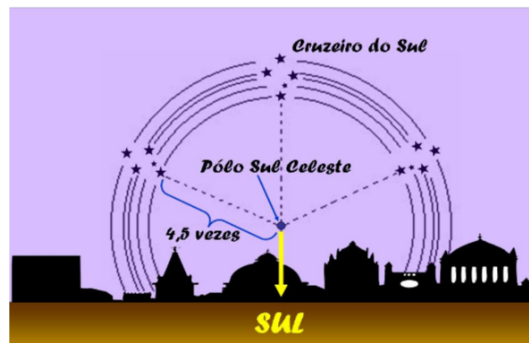


Figura 4: Cruzeiro do Sul: constelação circunpolar cujo eixo maior (ponra da cruz) aponta da direção do polo celeste sul



Figura 5: Forma alternativa de verificar os pontos cardeais

Os gregos diferenciavam os astros em estrelas fixas e errantes (ou planetas), que se moviam) ← trajetória aparente eclíptica

2.1 Modelo Geocêntrico

Hiparco fez o primeiro catálogo estelar, com a posição do céu dos objetos (**coordenadas celestes**), além disso, dividiu estrelas em magnitude (pelo brilho aparente)

Hiparco percebeu que a posição no céu do polo norte mudou em 150 anos e a direção aparente da rotação do céu pareceu mudar também.

A direção do eixo da Terra realmente muda lentamente (movimento de precessão)

Ptolomeu fez um modelo do sistema solar geocêntrico que pendurou por mais de 1000 anos

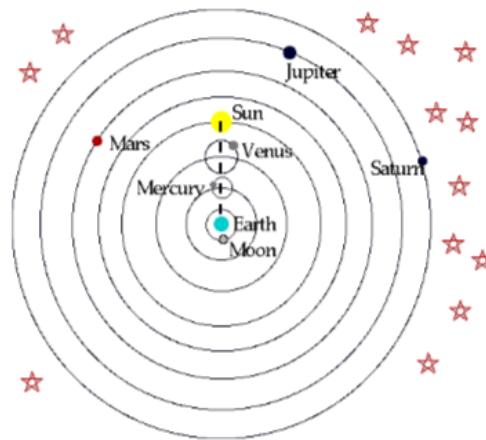


Figura 6: Modelo do Sistema Solar de Ptolomeu

Dificuldade: explicar movimento "não esperado" dos planetas, que hoje sabemos ser resultante da combinação dos movimentos deles com o da Terra



Figura 7: Movimento retrógrado de marte

O movimento retrógrado é tranquilo de explicar com o movimento da Terra mas Ptolomeu partia do princípio que a Terra era estática e que o movimento dos astros era circular (gregos)

Ele propôs uma estrutura complexa de círculos movendo-se no interior de outros círculos, introduzindo o conceito de **epípiclos** (movimento retrógrado), **deferente** e **equante** (variações de velocidade)

2.2 Renascimento da Astronomia

Com a expansão do Islamismo, a astronomia renasceu através da cultura árabe e judaica que preservavam ideias astronômicas dos gregos antigos

Uma das ideias mais importantes do renascimento foi retirar a Terra do centro do Universo. Copérnico concluiu que a Terra é um planeta que gira em torno do Sol (assim como os outros planetas). Somente a Lua circundava a Terra.

2.3 Modelo Heliocêntrico

- sol posicionado no centro
- Terra é um planeta que gira ao redor do sol
- ordem dos planetas desde o Sol: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno
- mais próximo o planeta estiver do Sol maior será sua velocidade orbital]
- Esse novo modelo explicava o movimento retrógrado !

2.4 Observatório de Tycho Brahe

Tycho detectou variações no movimento dos planetas daqueles previstos pelo modelo ptolomaico, mas tentava explicar com o geocentrismo. Todo seu legado observacional foi herdado por Kepler, logo após a sua morte.

2.5 Galileu Galilei

Descobriu que

- existiam muitas estrelas fracas que só podiam ser vistas com o telescópio
- conglomerados estelares
- Via Láctea é um “amontoado” de estrelas
- Quatro satélites de Júpiter e determinou seus períodos (provando que nem tudo girava em torno da Terra)
- As fases de Vênus (não pode ser explicada por nenhum modelo no qual Vênus circunda a Terra)

2.6 Kepler

Leis do movimento planetário descobertas por Kepler:

- as órbitas de todos os planetas são elípticos
- linha que liga o planeta ao sol percorre áreas iguais em tempo iguais
- Os quadrados dos períodos de translação dos planetas são proporcionais aos cubos dos semi-eixos maiores de suas órbitas

2.7 Newton

Explicou a razão para os planetas seguirem as leis do movimento delineadas por Galileu, Tycho e Kepler

- I Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças aplicadas sobre ele (lei da inércia).
- II A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida, e é produzida na direção de linha reta na qual aquela força é imprimida. $F = ma$
- III A toda ação há sempre uma reação oposta e de igual intensidade: ou as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas em direções opostas.

2.8 Lei da Gravidade

Então porque o movimento dos planetas é descrito por elipses ?

Hipótese de Newton: A gravidade não é uma força limitada somente ao nosso planeta. Ela é a força universal de atração entre todos os corpos – atração universal entre os corpos.

$$F_G = \frac{GM_1M_2}{R^2}$$

Newton foi capaz de expressar matematicamente que as únicas órbitas permitidas para os planetas seriam seções cônicas, dentre as quais a elipse descrita pela lei de Kepler

2.9 Movimento orbital e a massa

Com a gravitação de NEWton deduzimos a 3ª Lei de Kepler:

$$\rho = D^3 \frac{4\pi^2}{GM_1M_2}$$

Aliás, Netuno foi descoberto ao observar uma irregularidade no movimento previsto para Urano

2.10 Movimento aparente

Eclíptica: caminho aparente percorrido pelo Sol a cada ano, projetado na esfera celeste (Sol gradativamente muda sua posição na esfera celeste, movendo-se a cada dia 1° para leste em relação as outras estrelas da esfera celeste – esse movimento completo leva o período de um ano)

Asterismos: São grupos de estrelas no céu que formam uma figura que seja facilmente identificável

2.11 Medidas de Tempo

As medidas do tempo e os calendários são baseados nos movimentos de rotação e translação da Terra e translação da Lua. Plano de referência é o Meridiano do observador ! (plano que passa pelo zênite local e pelos polos N e S geográficos e celestes.)

3 Dia e Noite

Movimento aparente de leste a oeste do sol se deve ao movimento de rotação de oeste a leste da terra em seu eixo.

Estações do ano estão relacionadas à inclinação do eixo da terra em relação ao plano do sol, já que a incidência de raios de luz aumenta (ou diminui)

Dezembro: verão no hemisfério sul, no polo sul sol não se põe e Terra se encontra no periélio (ponto mais próximo do sol)