

Revista
Brasileira de

ASTRO NOMIA

Produzida pela Sociedade
Astronômica Brasileira

Ano 3 | Encarte Especial 4

Curso

Astronomia na Esfera

Quarta parte de um curso montado pelo Prof. Roberto Boczko



Editorial

*Chegamos à última parte do curso *Astronomia na Esfera*, redigido pelo Prof. Roberto Boczko. O curso foi lançado como encarte digital às edições trimestrais da *Revista Brasileira de Astronomia*. Os quatro encartes, conjuntamente, compõe um texto coeso e divertido que explica fenômenos astronômicos da vida cotidiana.*

Esta quarta parte se volta para o complexo movimento da Terra. Sob efeito das leis da Física, a Terra se movimenta de uma forma toda sua. Estudamos esse movimento considerando que ele possa ser analisado em termos de componentes. Os principais componentes do movimento terrestre receberam nomes: rotação, translação, precessão, nutação, ... Mas o movimento terrestre não se limita a esses. Alguns componentes mais finos desse movimento só vêm sendo descobertos a partir do monitoramento detalhado das coordenadas de quasares, os quais, por sua distância, servem como marcos de um sistema inercial o mais aproximadamente perfeito.

Frequentemente os Meios de Comunicação informam que terremotos de grande intensidade mudam a posição do eixo terrestre. Também o movimento de grandes massas de ar pode afetar a rotação terrestre. Em ambos os casos, isso ocorre porque há uma pequena redistribuição de matéria com respeito ao centro da planeta, modificando-lhe o momento de inércia e, por conseguinte, seu eixo de rotação. Os efeitos dessas mudanças em nossa vida prática são desprezíveis, mas não para a Astronomia, uma vez que nossos telescópios equatoriais estão alinhados com o polo.

*Esperamos que o curso *Astronomia na Esfera* tenha trazido informações valiosas e correspondido às expectativas de nossos leitores.*

*Helio Jaques Rocha Pinto
Presidente da Sociedade Astronômica Brasileira*

Capa

Trilhas de estrelas são causadas pelo movimento de rotação da Terra (Crédito: Kevin Hadley/Wikimidia Commons).

Esquerda

Detalhe da prancha *Planisferium Braheum*, de Andrea Cellarius, publicada em 1660.

Página seguinte

Detalhe de uma gravura de Phillip Galle, de 1591, representando Américo Vesputio a observar as quatro principais estrelas do Cruzeiro do Sul.

Revista Brasileira de Astronomia

produzida pela
Sociedade Astronômica Brasileira

Conselho Editorial Alan Alves Brito,
Reinaldo Ramos de Carvalho, Lucimara
Martins, Ramachrisna Teixeira,
Thiago Signorini Gonçalves

Editor Helio J. Rocha-Pinto

Equipe de colaboradores Hélio Dotto
Perottoni, Mylena Larrubia, Matheus Bernini
Peron, Douglas Brambila dos
Santos, Maria Luiza Ubaldo de Melo, David
Dias Kappler de Souza

Contato secsab@sab-astro.org.br

Para anunciar Fale com Rosana no email
acima ou ligue (11) 3091-8684,
Seg. a Sex. 10 às 16 h.

Para submissões

Contacte um membro do conselho editorial



Presidente

Helio J. Rocha-Pinto

Vice-Presidente

Lucimara Martins

Secretária-Geral

Daniela Pavani

Secretária

Maria Jaqueline Vasconcelos

Tesoureiro

Alex Cavalieri Carciofi

Endereço

Sociedade Astronômica Brasileira
Rua do Matão, 1226
05508-090 São Paulo – SP
<http://www.sab-astro.org.br>



ENSINANDO ASTRONOMIA BÁSICA: OS COMPONENTES DO MOVIMENTO DA TERRA

Roberto Boczko

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, IAG-USP

É comum ouvir-se a seguinte pergunta: "Quantos *movimentos* tem a Terra?" Na maioria das vezes, a resposta será "2". Algumas vezes, "4". Mas, afinal, qual é o *número* de movimentos da Terra?

A resposta final é: "1"! E qual é? É o movimento que a Terra tem! Ponto final!

Imagine um bêbado saindo do bar e querendo chegar à sua casa. Podemos imaginar que seu movimento tenha 2 componentes: o componente *útil* (ir para casa) na direção x e o componente *inútil* (zigzaguar em torno da direção útil) na direção y . Seja esse bêbado a Terra.



O fato é que o *movimento* da Terra também pode ser decomposto em diferentes *componentes*, cada um com suas características próprias.

Então, a pergunta correta deve ser: Quantos *componentes* tem o movimento da Terra?

Lamentavelmente ainda não se sabe a resposta definitiva a essa questão! Conseguimos expli-

ciar mais de uma centena deles. A alguns deles logrou-se associar o fenômeno causador. A outros, ainda não.

Nesse artigo vamos explorar os diferentes componentes conhecidos do movimento da Terra.

Apesar de cada um ser apenas um *componente* do movimento da Terra, é costume esquecer-se de colocar o qualificativo "componente". Assim, ao invés de se dizer "componente movimento de rotação", usa-se a forma comprimida "movimento de rotação", subentendendo-se o qualificativo "componente".

Descrever um Movimento

O esquema abaixo representa uma pessoa surfando com um *skate*. Será que a pessoa está parada ou em movimento?



Uma coisa que não podemos esquecer nunca é que, para se descrever um movimento, *obrigatoriamente* devemos definir um *sistema de co-*

ordenadas (ou *sistema de referências*) com respeito ao qual o movimento será referido.

Assim, respondendo à pergunta deixada: com relação ao *skate*, a pessoa está parada, mas com relação ao poste, ela está em movimento.

Geralmente o sistema de coordenadas mais apropriado é aquele que pode ser considerado como *inercial*. Um sistema é dito inercial quando ele não está sujeito a nenhuma forma de *aceleração*.

O grande problema desse tipo de sistema de coordenadas é que não se conhece nenhum que seja efetivamente inercial. Assim, na prática, costumamos a trabalhar com sistemas de coordenadas *quase inerciais*, ou seja, aqueles que, apesar de possuírem acelerações, estas podem ser desprezadas no nível de precisão em que o estudo é realizado.

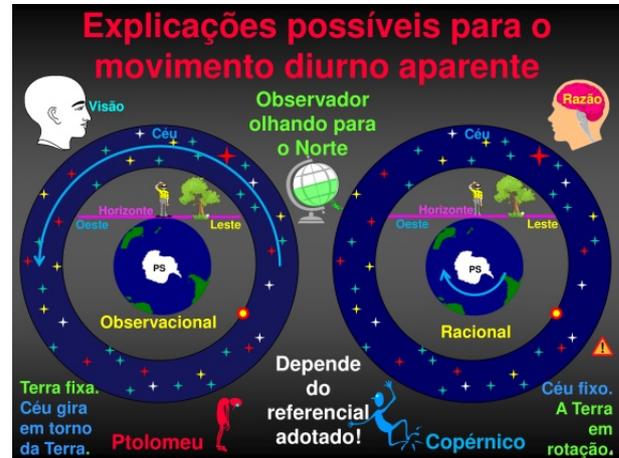
No passado, um sistema de coordenados, centrado na Terra e baseado em 3 eixos orientados segundo as direções de 3 estrelas, era considerado inercial. Hoje sabemos que isso não é verdade, já que as estrelas possuem movimentos próprios os quais podem ser acelerados. Então, atualmente, o sistema de coordenadas mais inercial que podemos acessar é aquele definido por 4 galáxias (não alinhadas) muito distantes. Face a essas grandes distâncias, seus movimentos perpendiculares à nossa linha de visada podem ser desprezados. Claro que, por serem muito distantes, seus brilhos aparentes são pequenos, dificultando sua observação e por isso, só são acessíveis com telescópios mais potentes.

Nesse artigo vamos nos restringir aos sistemas espaciais tridimensionais.

Componente Movimento de Rotação

Conforme vimos no Encarte #1 da RBA #9, ao olharmos para o céu, vemos os astros nascendo do lado leste e se pondo do lado oeste. Temos,

pois, a impressão de que o céu gira em torno do observador preso à Terra.



Mas, será que não é o céu que está fixo e é o observador fixo à Terra quem gira? Ou seja: será que não é a Terra que gira em torno de um eixo de rotação fazendo com que o observador tenha a impressão de o céu girando? A resposta correta depende do sistema de referência que se escolher!

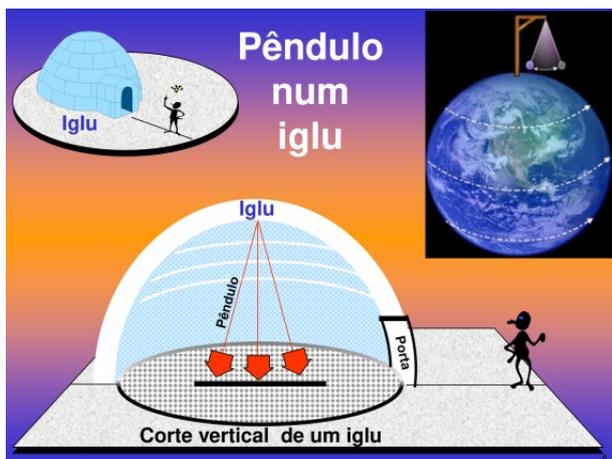
É verdade que já no século XVII Galileu Galilei dizia que a Terra se movia no espaço. Mas ele apenas intuiu isso. Ele não tinha provas sobre nenhum dos componentes do movimento da Terra.

Apesar de a rotação ser o componente cujos efeitos são os mais cotidianamente perceptíveis, a *prova* para a existência deste componente foi a que mais tempo levou para ser conseguida.

A comprovação do movimento de rotação da Terra em torno de seu eixo, que passa pelos polos Norte e Sul geográficos, só pôde ser feita com o uso de conhecimentos de mecânica clássica (Princípio da Inércia) e com a experiência do pêndulo de Foucault.

Imagine-se, agora, no interior de um iglu no polo norte da Terra. Prenda um barbante no teto do iglu; na outra extremidade dele, fixe uma esfera pesada. Segurando a esfera, desloque-se

até a porta do iglu e, cuidadosamente, solte a esfera. Ela passará a oscilar, como um pêndulo, em torno da vertical que passa pelo ponto de engaste no teto. Suponhamos não haver atrito nesse engaste.

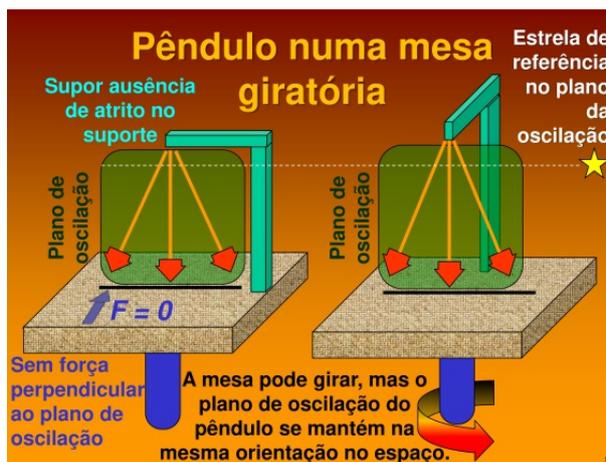


Inicialmente a oscilação dar-se-á no plano vertical que passa pela porta (seta vermelha, no esquema acima); mas, gradativamente, o observador vê o plano de oscilação se deslocando no sentido *horário*, passando pelas direções representadas, cronologicamente, pelas setas de cor abóbora, azul e verde.



Note que na esfera só age a força gravitacional, verticalmente para baixo, e a força de tensão do barbante, passando pelo engaste. Assim, todas as forças estão contidas no plano de oscilação.

Não havendo forças ortogonais ao plano de oscilação, pela lei da inércia, o plano de oscilação não mudará com relação a uma direção fixa do espaço.



Ora, mas se o plano de oscilação da esfera fica fixo no espaço, e com relação ao meu iglu (preso à Terra) o plano parece ter girado, então é porque o iglu e a Terra giraram.

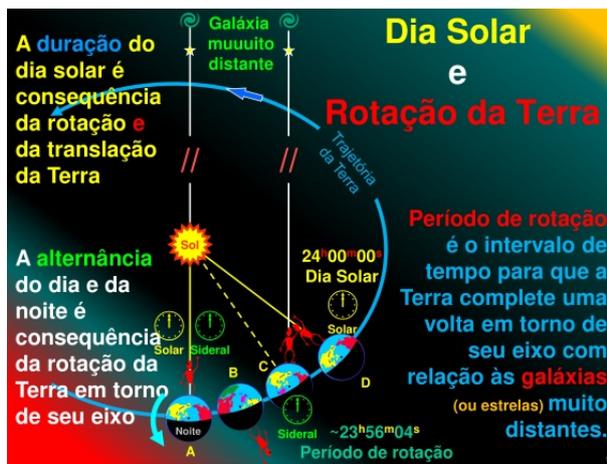


Foi com essa linha de raciocínio que Foucault, em 1852, dois séculos depois de Galileu, provou que a Terra possui movimento de rotação em torno de seu eixo.

Um erro que costuma ser cometido na divulgação da astronomia é afirmar que o período de rotação da Terra é de 24 horas. Vejamos o porquê do erro.

Definimos período de rotação da Terra como sendo o intervalo de tempo para que a Terra complete uma volta em torno de seu eixo com relação às galáxias (ou estrelas) muito distantes (em outras palavras, com relação a um sistema inercial).

Sabemos que o *dia solar médio* é definido como tendo 24h 00m 00s e ele representa o intervalo de tempo entre duas passagens sucessivas do Sol pelo meridiano superior do observador.



Apenas para facilitar a compreensão, admitamos que o observador em questão esteja, ao meio-dia solar, no equador da Terra e que a data seja num dos equinócios, ou seja, com o Sol também no equador. Assim, ao meio-dia *solar* o Sol estará a pino sobre a cabeça dele. Na figura acima, a Terra na posição A representa esta situação descrita.

Imagine que, nesse mesmo instante, uma galáxia (ou estrela distante) de referência esteja também bem no zênite, ou seja verticalmente acima da cabeça do observador. Definiremos que nesse instante é meio-dia *sideral*.

Se a Terra só tivesse movimento de rotação em torno de seu eixo, depois de 24h novamente o Sol e a citada galáxia estariam no zênite da pessoa e seria meio-dia solar e meio-dia sideral novamente. Nesse caso, o período de rotação da Terra (com relação ao sistema inercial) seria de 24h.

Acontece que a Terra possui, também, o movimento de translação em torno do Sol. Associando-se o movimento de rotação com o de translação, na posição B seria, para o observador citado, meia-noite (Sol no nadir da pessoa).

Já na posição C, novamente a galáxia de referência estaria no zênite. Então, segundo a definição, seria meio-dia sideral novamente e a Terra já teria dado uma volta completa em torno de seu eixo. Teria passado 1 dia sideral. Mas, perceba que o Sol ainda não voltou ao zênite da pessoa. Para isso acontecer, a Terra deve se deslocar mais um pouco ao longo de sua trajetória e girar um pouco em torno de seu eixo. Só na posição D é que teremos meio-dia solar novamente. Ter-se-ão passados, pela definição, 24h.

Logo, o *período de rotação* da Terra é um pouco mais curto — em cerca de 03m 56s — do que o dia solar. Ele vale aproximadamente 23h 56m 04s.

Vale a pena salientar então, que a duração do dia solar é consequência tanto da rotação como da translação da Terra.

E a velocidade de rotação da Terra está diminuindo!



Por causa do fenômeno cíclico das *marés*, constantemente ocorrem atritos entre a água e areia da praia. Esse atrito gera calor. Esse calor é dispersado para o espaço. Ora, mas se existe perda de calor, existe perda de energia. De onde essa

energia é retirada? Da energia cinética de rotação da Terra!

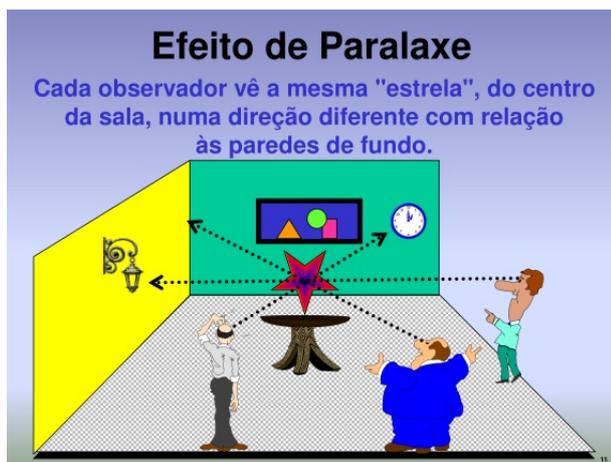
Logo, a Terra está parando de girar. Com o tempo, uma das faces da Terra ficará permanentemente voltada para o Sol e a outra ficará constantemente na noite. Em outras palavras, a rotação da Terra ficará sincronizada com seu movimento de translação. Ou seja, com relação às estrelas distantes, a Terra continuará a girar em torno de seu eixo, mas com relação ao Sol ela deixará de girar. Novamente... o movimento é uma questão de referencial!



Componente Movimento de Translação

Não foi fácil abandonar a ideia bem assentada, baseada na observação diária, do geocentrismo e abraçar a hipótese heliocêntrica, ou seja, de que a Terra se movimentaria em torno do Sol.

A pergunta básica era: como que não percebemos esse movimento?



Um argumento contra o heliocentrismo era o fato de que, da Terra, quando observássemos uma estrela bem próxima, conforme a Terra mudasse de posição com relação ao Sol, em dife-

rentes épocas do ano essa estrela deveria parecer em posições diferentes com relação às estrelas de fundo (mais distantes). Mas isso parecia não ocorrer. De fato; ocorria sim, mas o instrumental da época não permitia a precisão necessária (menor que 0,75" de arco) para poder observar esse fenômeno.



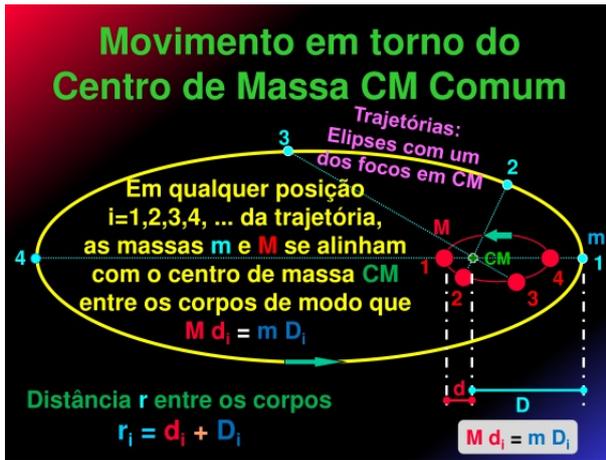
Só em 1838, Bessel conseguiu comprovar esse fenômeno (paralaxe anual das estrelas) observando a estrela 61 da constelação do Cisne.

Mas, um século antes disso, em 1728, Bradley, usando o princípio da aberração anual da luz das estrelas, conseguiu provar que a Terra se movimentava em torno do Sol.

É comum a expressão "a Terra gira, com movimento elíptico, em torno do Sol". Há 2 imprecisões conceituais nessa afirmação:

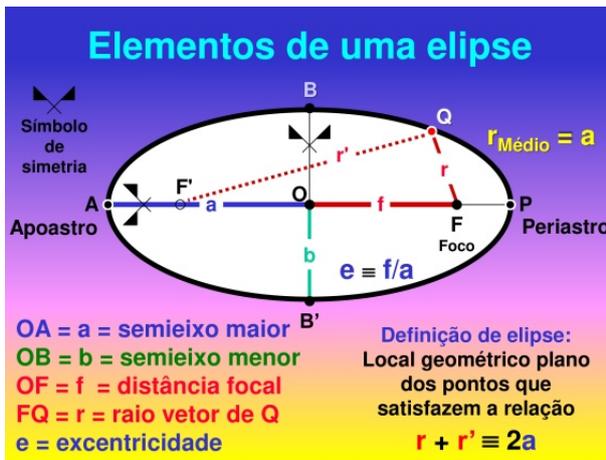
- (1) na verdade a Terra gira em torno do *centro de massa* do Sistema Solar; e
- (2) por causa das perturbações gravitacionais de outros corpos do Sistema Solar, o movimento não é perfeitamente elíptico.

Vamos, por enquanto, considerar o caso ideal em que a massa da Terra seja desprezível em face da massa do Sol e que não haja perturbação gravitacional ocasionada por outros corpos. Em outras palavras: seja o sistema Sol-Terra um clás-

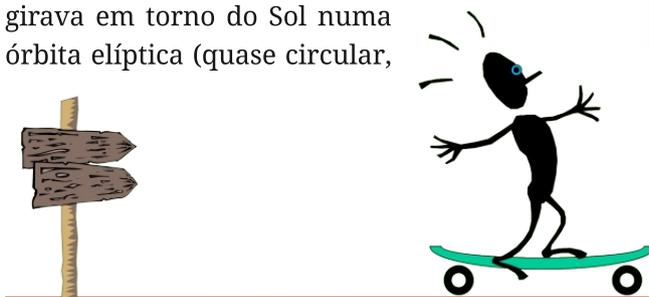


sico problema de 2 (e não mais!) corpos gravitacionalmente unidos, sendo que a massa de um deles (Terra) pode ser desprezada face à do outro (Sol).

Baseado nas observações de alta precisão feitas por Tycho Brahe, Kepler, no século XVII, elaborou as 3 leis que definem as órbitas dos planetas em torno do Sol.



A primeira lei de Kepler mostrava que a Terra girava em torno do Sol numa órbita elíptica (quase circular,



pois de pequena excentricidade: $e \approx 0,0167$), estando o Sol estava num dos focos da elipse (no outro foco não há nada; é só um ponto geométrico).

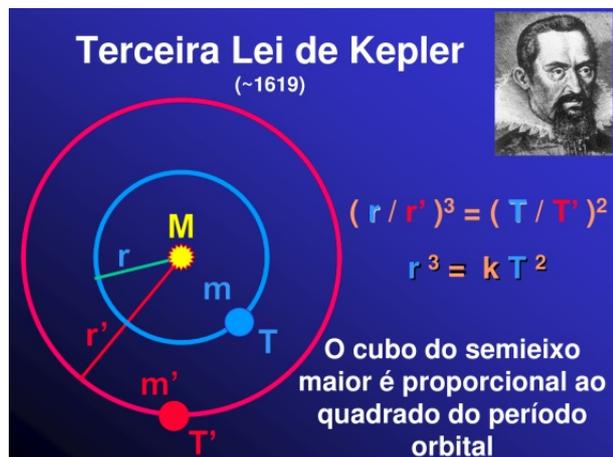


A segunda lei de Kepler mostra que um corpo ligado gravitacionalmente a outro, gira em torno dele com seu raio vetor varrendo áreas iguais A em tempos iguais Δt . É por isso que a Terra translada mais rapidamente quando está no periélio e mais lentamente no afélio.



A terceira lei de Kepler, chamada de lei harmônica, mostra que o cubo do semieixo maior da órbita é proporcional ao quadrado do período orbital. Isso mostra que, quanto mais distante um planeta está do Sol, maior seu período de translação. Sabe-

mos, desde Newton, que essa fórmula só é verdadeira se a massa do planeta for desprezível em face à massa do Sol.



Componente Movimento de Precessão

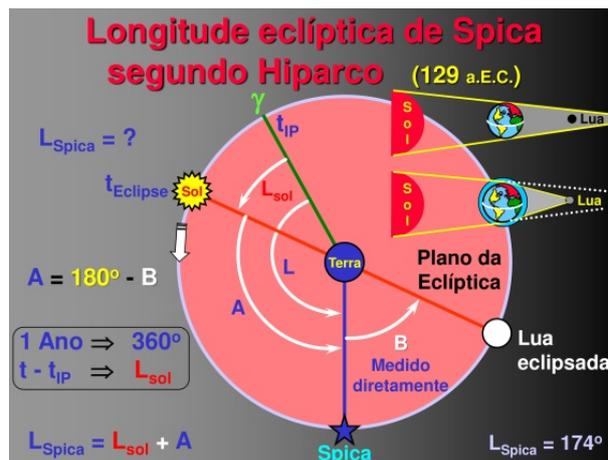
Consideremos, por enquanto, que o eixo de rotação da Terra, passando pelos polos geográficos norte e sul, esteja solidamente preso à Terra.

É comum pensar-se que esse eixo de rotação é fixo a uma direção do espaço. Dito de outra maneira, o eixo sempre aponta para uma mesma estrela distante (ou galáxia) do céu. Essa noção de fixidez do eixo já foi refutada por Hiparco no século II antes da Era Comum.

Vimos no Encarte #1 a definição do Ponto Gama: Ponto do equador celeste onde o Sol, no seu movimento anual aparente, cruza o equador celeste.

Bem, Hiparco desejava determinar a longitude eclíptica (ângulo desde o Ponto Gama até o astro desejado, medido ao longo da eclíptica) da estrela Spica, que é a estrela mais brilhante da constelação da Virgem.

Parece simples: é só medir, na data do equinócio de março, o ângulo desde o Sol até a estrela! Problema: não se pode ver os dois astros ao mesmo tempo!

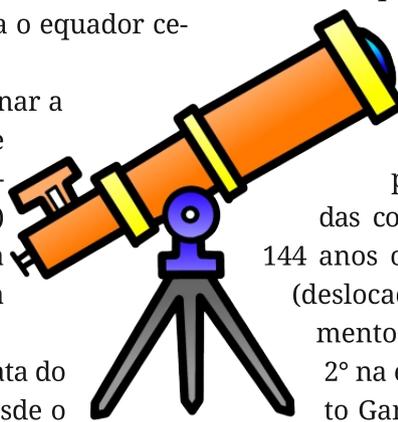


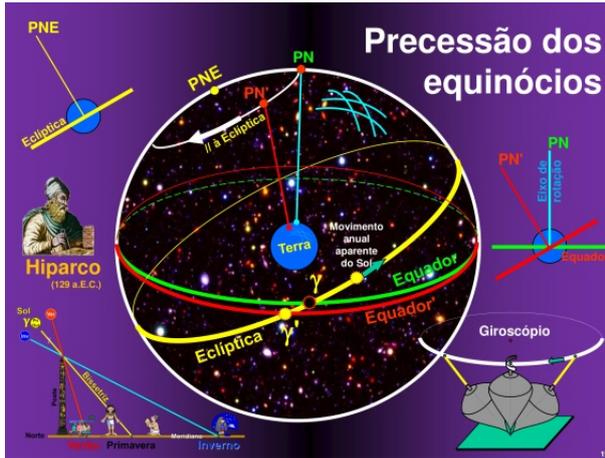
Hiparco resolveu o problema fazendo a observação durante um eclipse lunar. Nessas condições, sabe-se que o Sol está na direção oposta à da Lua.

Durante o eclipse, ele mediu o ângulo B entre Spica e a Lua (veja a figura acima). O suplemento A de B forneceu o ângulo entre o Sol e Spica. Hiparco supôs que o Sol tivesse movimento circular uniforme em torno da Terra; sabia a data do equinócio de março e a duração do ano (~365 dias). Com esses dados e uma simples regra de três, pôde determinar a *longitude eclíptica* L_{sol} do Sol na data do eclipse lunar. A longitude eclíptica de Spica foi a soma entre a longitude do Sol com o ângulo A entre o Sol e Spica. Ele encontrou o valor de 174° para esse ângulo.

Acontece que, 144 anos antes, Timocares de Alexandria, usando a mesma técnica, tinha encontrado para esse ângulo o valor de 172° . Admitindo, corretamente, que ambos os pesquisadores tivessem feito medidas corretas, Hiparco inferiu que nesses 144 anos o Ponto Gama tinha *retrogradado* (deslocado no sentido oposto ao do movimento anual aparente do Sol) cerca de 2° na eclíptica. A esse movimento do Ponto Gama, Hiparco chamou de *precessão dos equinócios*.

Interpretemos esse resultado sob outro ponto





de vista. Representemos a Terra, seu eixo de rotação e seu equador celeste, como na figura acima. Em amarelo está a órbita anual aparente do Sol e o Polo Norte da Eclíptica PNE no eixo perpendicular ao plano da eclíptica.

Pelo PN passemos o paralelo eclíptico paralelo à eclíptica.

O ponto Gama representa a posição do Sol no início da primavera boreal (21 março), conforme definido pela sombra de um gnômon.

Mas Hiparco, no séc II a.E.C., percebeu que o ponto Gama retrocedia na eclíptica a cada ano.

Se o ponto Gama mudou de posição, também assim aconteceu com o equador, já que o Ponto Gama é definido na *intersecção* dos 2 planos, no instante em que o Sol passa do hemisfério sul ao norte.

Como o eixo de rotação é perpendicular ao plano do equador, o PN, definido pelo prolongamento deste eixo, mudou de posição no céu.

A essa mudança de posição da direção do eixo de rotação da Terra chamamos de precessão dos equinócios.

Ela pode ser representada pelo movimento de um giroscópio: A Terra se comporta como um pião, com seu eixo girando no sentido oposto ao da rotação da Terra, completando o



movimento num período de cerca de 26 000 anos.

Isso nos leva a fazer a seguinte pergunta: será que o período de translação da Terra em torno do Sol é realmente igual a 1 ano?

Conforme vimos no Encarte #2 da RBA #10, o ano das estações foi definido como o intervalo de tempo entre dois inícios sucessivos da primavera, sendo seu valor médio ~ 365d 05h 48m 46s. É esse o período que usamos em nossos calendários.



Admitamos que no instante T , no início da primavera boreal, a Terra esteja no ponto X ; logo, o Sol está na direção do Ponto Gama γ , na constelação B . Conforme o tempo vai passando, no instante T' o Sol estará na direção da constelação C . Não esqueçamos que durante todo esse tempo, segundo Hiparco, o Ponto Gama foi *retrogradando* na eclíptica. De modo que, no instante T'' o Ponto Gama γ'' estava na constelação A (não mais em B) e a Terra, no início da primavera boreal, estava em Z , ainda não tendo voltado ao ponto X ; logo, já passou um ano das estações (de γ a γ'') mas a Terra ainda não deu uma volta completa em redor do Sol (de X a X novamente). Para completar a trans-

lação (indo de Z a X) faltam cerca de 20m 23s.

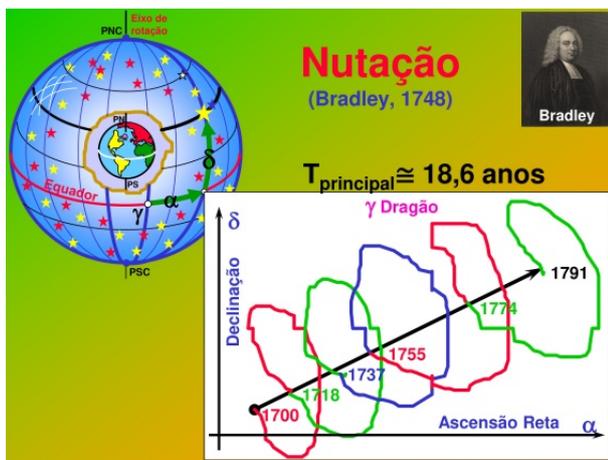
Portanto, o período de translação da Terra em torno do Sol é de aproximadamente 365d 06h 09m 09s.

Assim, o ano das estações inclui a precessão, mas a translação da Terra... não!

Componente Movimento de Nutação

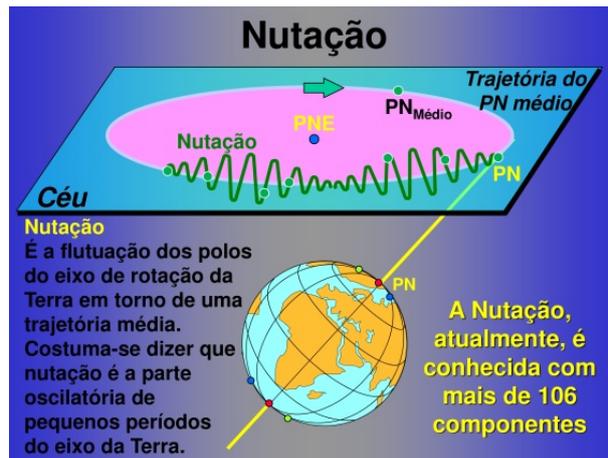
Bradley, mapeando as coordenadas equatoriais (veja o Encarte #1) da estrela γ da constelação do Dragão, percebeu que a curva de suas posições podia, grosseiramente, ser decomposta em dois componentes:

- um, representado em linha preta, com longo período, que podia ser associada à precessão; e
- um outro componente, grosseiramente cíclico, com período de cerca de 18,6 anos (as curvas coloridas em torno da curva preta).



A esse componente cíclico ele chamou de nutação e ele o associou a uma oscilação periódica do eixo de rotação da Terra em torno do eixo médio (este apenas sob o efeito da precessão).

Poderíamos dizer que a nutação é a parte periódica, de pequeno período, do movimento de precessão do eixo de rotação da Terra. Conseguimos, atualmente, decompor o componente nutação em 106 subcomponentes.



Componente Movimento dos Polos

A primeira coisa a se notar nesse item é que o nome desse componente, como veremos, não foi adequadamente escolhido! "*Bamboleio*" ou "*ginga*" da Terra teria sido mais ilustrativo.

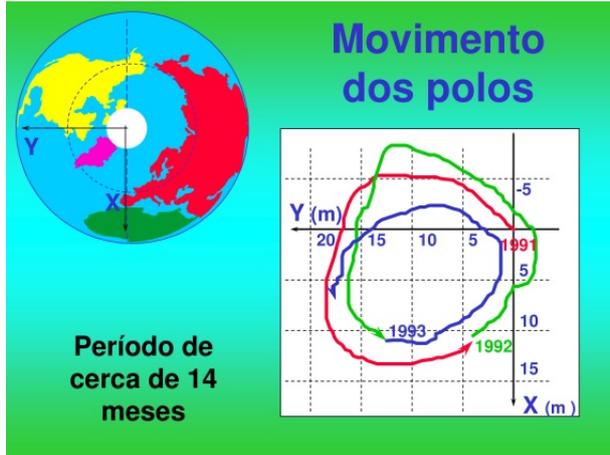
Suponhamos que já tenhamos conseguido retirar os componentes dos movimentos de precessão e de nutação. Em outras palavras, imagine que o eixo de rotação da Terra possa ser considerado fixo com relação a um sistema inercial de coordenadas.

Seria de se esperar que a Terra girasse em torno desse eixo passando pelos polos terrestres. Mas ... não é isso que se observa!

Imagine que, por um processo qualquer, pudéssemos, numa dada data, desenhar um X no solo no ponto da Terra onde o seu eixo de rotação estivesse cruzando sua superfície. Esse ponto X representaria o ponto onde o eixo de rotação estaria "furando" a superfície da Terra. E esperaríamos que esse X fosse sempre o mesmo, qualquer que fosse a data em que repetíssemos a experiência.

As observações mostram, no entanto, que a cada dia teremos um ponto X diferente: X_1, X_2, \dots, X_n .

Isso significa que os polos da Terra oscilam em relação ao eixo "fixo" que definimos acima. Os polos da Terra "bamboleiam" em torno de um polo médio.



É como se a Terra fosse uma bola de barro úmido transpassada por uma agulha de tricô. Fixemos a agulha no espaço e oscilemos a Terra em torno dessa agulha.



Esse bamboleio tem um período da ordem de 14 meses, durante os quais os polos instantâneos de rotação (X_1, X_2, \dots, X_n) realizam uma trajetória grosseiramente helicoidal com "raio" máximo da ordem de 20 m centrada num ponto X_M adotado como Polo Convencional de rotação.

Ora! Mas isso invalida a noção difundida de que as coordenadas geográficas de um local da Terra são constantes daquele local! Se o polo instantâneo "passeia" em torno de um po-



lo convencional, claro que o equador instantâneo também muda de posição (o eixo de rotação é ortogonalmente preso ao equador!).



Então, a latitude geográfica de um local varia, pois ela é contada a partir do equador! Além disso, como o polo muda de lugar, o meridiano local (e o de Greenwich idem!) também "passeia" no céu e na Terra! Assim, a longitude geográfica também muda com o tempo.

Na verdade, quando damos as coordenadas geográficas de um local, sempre pressupomos que sejam as coordenadas convencionais e não as instantâneas.

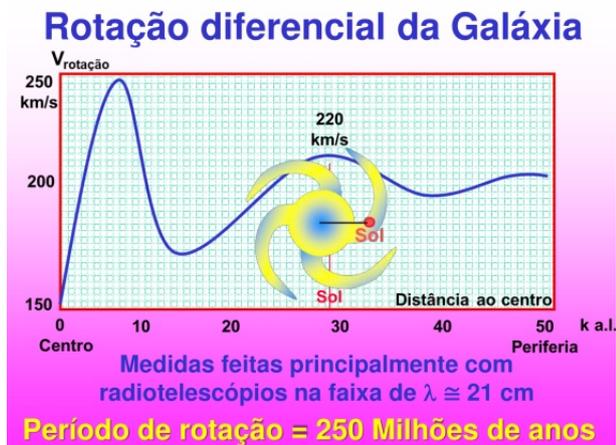
Componente Movimento de Rotação Galáctica

Quando referidas a um sistema inercial de coordenadas, as observações sistemáticas, do movimento das estrelas que compõem a nossa Galáxia, mostram que ela gira em torno de um eixo ortogonal ao seu plano galáctico.

Nossa Galáxia não roda como um corpo rígido. Assim, *grosso modo*, "camadas" de estrelas e de gás, a diferentes distâncias do centro galáctico, giram com velocidades angulares diferentes.

A região (ou camada) onde se encontra o Siste-

ma Solar dista cerca de 30 mil anos-luz do centro galáctico. Nessa camada da Galáxia seu período de rotação é de cerca de 250 milhões de anos. É costume, então, dizer que o Sol dá uma volta em torno do centro galáctico a cada 250 milhões de anos.



Ora, como o Sol gira em torno do centro galáctico e a Terra está ligada ao Sol, a Terra também gira em torno do mesmo centro, daí afirmarmos que a Terra participa desse componente de movimento de rotação galáctica.

Além do componente de rotação galáctica, o Sol, e outras estrelas, oscilam em torno do plano central do disco galáctico, ficando hora “acima” e hora “abaixo” do plano, cruzando-o de tempos em tempos. O cruzamento desse plano, por nebulosas, pode ser um dos possíveis estopins para o início da contração gravitacional dessas nuvens de gás que, posteriormente, se transformam em estrelas, como o Sol, por exemplo.

Outros componentes do Movimento da Terra

Como a nossa Galáxia faz parte de um aglomerado de galáxias, certamente há um movimento de nossa Galáxia em torno de um centro de gravidade comum a todas elas. E a Terra participa desse movimento!

Mas a coisa não acaba por aí! Sabemos que esse aglomerado de galáxias faz parte de um aglomerado de aglomerado de galáxias que giram em torno de um centro comum. E não há razões conhecidas para que admitamos que não haja aglomerados de aglomerados de aglomerados de galáxias! Será que acaba por aí?

Assim, há ainda muito o que aprender sobre o universo para que possamos melhor compreender todos os componentes de movimento que a Terra possui •

Este quarto encarte conclui o curso Astronomia na Esfera, do Prof. Roberto Boczko.



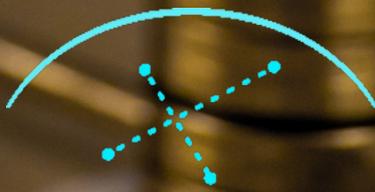
Acima

Limite entre o dia e a noite,
visto a partir da Estação
Espacial Internacional
(Crédito: Christina H. Koch/
NASA).

Contra-capa

Detalhe de um orrery do
século XIX, atualmente em
um museu de Londres
(Crédito: Christoph Brau/
Wikimidia Commons).

Todas as demais ilustrações
sem crédito usadas neste
artigo são protegidas por
direitos autorais de Roberto
Boczko.



S.A.B.