

# As estações do ano

Prof. Thiago Paulin Caraviello

## A Terra e seus movimentos

Quantos movimentos a Terra faz? Por incrível que pareça, o planeta Terra só faz um movimento: o seu próprio. Este movimento pode ser dividido em diversas componentes. No entanto, não é possível falar do movimento da Terra como um movimento absoluto, é necessário antes fixar um referencial, isto é, um ponto fixo com relação a qual o movimento em questão será descrito. Os movimentos normalmente citados na maioria dos livros são as componentes do movimento terrestre tomando o Sol como referencial, entre eles:

1) *A translação*: componente devida ao fato da Terra permanecer no sistema planetário que orbita a o Sol. O período desta componente é de aproximadamente 365 dias (1 ano sideral = 365d 06h 09min 10s), durante os quais a Terra descreve uma elipse, quase uma circunferência, em torno do Sol.

2) *A rotação*: componente do movimento da Terra que se refere a rotação em torno do seu próprio eixo. Tem período de aproximadamente 24 horas (1 dia sideral = 23h 56m 04s).

3) *A precessão*: a Terra não é um corpo rigorosamente esférico e regular, e também não é absolutamente sólido. O resultado disso é que o eixo da Terra efetua no espaço um movimento bastante complexo. O eixo de rotação da Terra descreve, vagarosamente, um cone em torno do eixo perpendicular ao seu plano orbital. Este movimento do eixo é chamado precessão. A variação da direção do eixo da Terra é de aproximadamente 50 segundos de arco por ano ou 360 graus em cerca de 26 000 anos. O fenômeno não se realiza uniformemente, mas sofre oscilações periódicas chamada de nutação.

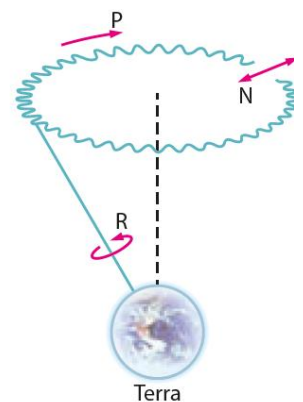
4) *A Nutação*: o eixo da Terra sofre diversas oscilações pequenas em torno da sua posição média. Essas oscilações ou ondulações periódicas é chamada de nutação do eixo terrestre. As oscilações devem-se ao fato das forças responsáveis pela precessão, aplicadas pelo Sol e pela Lua, mudarem continuamente de valor e direção. A nutação tem um período de, no máximo, 18,6 anos.

Se fixarmos, por outro lado, o centro de nossa galáxia, a Via Láctea, como referencial, será possível identificarmos outras componentes do movimento terrestre, entre elas:

5) *A componente devido ao Sistema Solar orbitar o núcleo galáctico*: o Sol arrasta seus planetas, cometas e asteroides em seu movimento ao redor do núcleo galáctico num movimento de duração estimada em 250 milhões de anos.

A Via Láctea, porém, não constitui todo o universo conhecido. Ela pertence a um grupo de galáxias denominado "Grupo Local". A nossa galáxia se move em relação ao centro de gravidade deste grupo. Mas este grupo, como um todo, também se move pelo espaço em um universo em expansão acelerada.

Resumindo, o planeta Terra possui um único movimento que pode ser aberto em diversas componentes que irão depender do referencial escolhido.



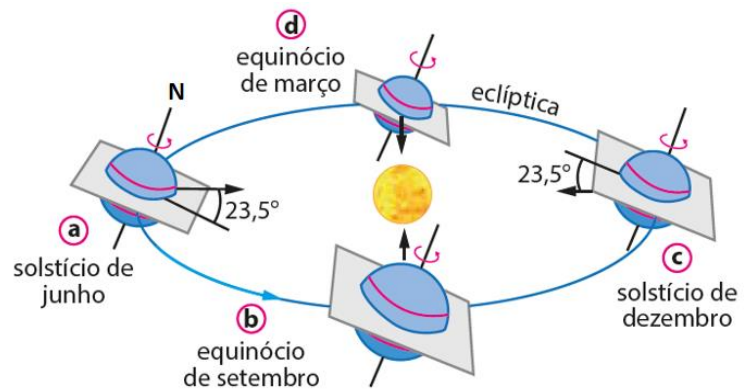
*R* = rotação  
*P* = precessão  
*N* = nutação

## As estações do ano

O início das estações do ano é marcado por fenômenos astronômicos chamados de solstício e equinócio que estão relacionados à incidência dos raios solares e à inclinação da Terra. Como a Terra efetua o movimento de translação com o seu eixo de rotação inclinado cerca de  $23,5^\circ$ , em relação a perpendicular do seu plano orbital em torno do Sol (denominado plano da eclíptica), a incidência de luz sobre os hemisférios é diferente. Em algumas épocas, o hemisfério norte recebe mais luz que o hemisfério sul, em outras épocas o processo se inverte.

O solstício representa a situação em que um dos hemisférios recebe a máxima radiação solar, isto é, o Sol estará em seu auge ao norte ou ao sul (pontos **a** e **c** da figura ao lado). Esse fenômeno ocorre em dois momentos do ano, em junho e em dezembro.

Quando a incidência solar é máxima em um dos hemisférios, ocorre o solstício de verão. Já quando a incidência solar é mínima em um dos hemisférios, ocorre o solstício de inverno. O solstício de verão é caracterizado por ter a noite mais curta do ano. No solstício de inverno temos a noite mais longa do ano.



**a** trópico de Câncer voltado para o Sol    **b** Equador voltado para o Sol    **c** trópico de Capricornio voltado para o Sol    **d** Equador voltado para o Sol

Hemisfério Norte	Hemisfério Sul
<b>Solstício de verão (a):</b> tem início no mês de junho. O Sol incide perpendicularmente sobre o Trópico de Câncer. - Datas: 20 e 21 de junho.	<b>Solstício de verão (c):</b> tem início no mês de dezembro. O Sol incide perpendicularmente sobre o Trópico de Capricornio. - Datas: 20 e 21 de dezembro.
<b>Solstício de inverno (c):</b> tem início no mês de dezembro. O Sol incide perpendicularmente sobre o Trópico de Capricornio. - Datas: 20 e 21 de dezembro.	<b>Solstício de inverno (a):</b> tem início no mês de junho. O Sol incide perpendicularmente sobre o Trópico de Câncer. - Datas: 20 e 21 de junho.

O equinócio representa o posicionamento médio do Sol em relação à Terra, isto é, nenhum dos hemisférios está inclinado em relação ao Sol, estando seus raios incidindo diretamente sobre a linha do Equador, iluminando, então, igualmente os dois hemisférios (pontos **b** e **d** da figura). Esse fenômeno ocorre em dois momentos do ano, em março e setembro.

A ocorrência do equinócio dá início à primavera e ao outono. Em razão da mesma intensidade dos raios solares nos dois hemisférios, os dias e as noites possuem a mesma duração.

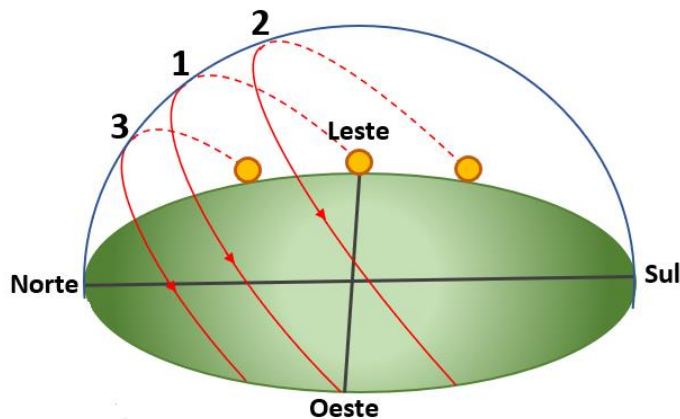
Hemisfério Norte	Hemisfério Sul
<b>Equinócio de primavera (d):</b> tem início no mês de março. - Datas: 20 e 21 de março.	<b>Equinócio de primavera (b):</b> tem início no mês de setembro. - Datas: 22 e 23 de setembro.
<b>Equinócio de outono (b):</b> tem início no mês de setembro. - Datas: 22 e 23 de setembro.	<b>Equinócio de outono (d):</b> tem início no mês de março. - Datas: 20 e 21 de março.

Vale reforçar que as estações do ano são resultado da inclinação do eixo de rotação da Terra, em relação à perpendicular do seu plano orbital em torno do Sol, e também ao movimento de translação da Terra. É por causa dessa

inclinação, que a incidência solar não é igual nos dois hemisférios. O fato de que a distância da Terra ao Sol muda ao longo do ano **não** explica o fenômeno das estações, uma vez que essa variação é muito pequena.

### O nascer do Sol ao longo das estações

A inclinação do eixo terrestre, associado ao movimento de translação da Terra, faz com que o Sol tenha o nascente e o poente em diferentes pontos do horizonte ao longo do ano.



Movimento do Sol ao longo do ano para um observador cuja latitude é próxima a São Paulo.

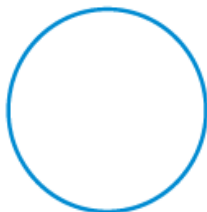


Nascer do Sol em diferentes épocas do ano. A linha contínua (1) indica a posição do ponto cardinal leste.

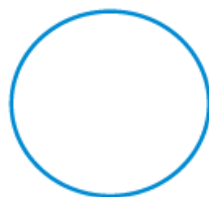
- 1 – Trajetória do Sol nos Equinócios. O Sol nasce exatamente no ponto cardinal leste e se põe no ponto cardinal oeste.
- 2 – Trajetória do Sol no Solstício de dezembro. O Sol nasce com o máximo afastamento à direita do ponto cardinal leste.
- 3 – Trajetória do Sol no Solstício de junho. O Sol nasce com o máximo afastamento à esquerda do ponto cardinal leste.

## Exercícios

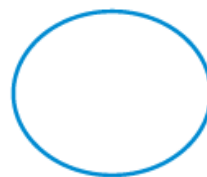
1. (OBA) Faça um X na figura abaixo que melhor representa a órbita da Terra ao redor do Sol. Não há efeito de perspectiva, isto é, você está olhando tudo de “cima”.



( )



( )

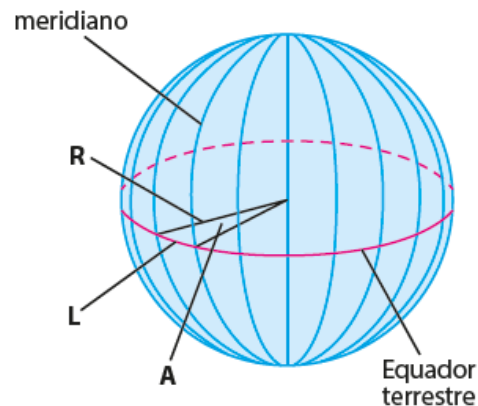


( )



( )

2. (OBA) A figura à direita ilustra o globo terrestre com alguns dos seus 24 meridianos.  $R$  é o raio da Terra, aproximadamente 6 000 km.  $A$  é o ângulo com vértice no centro da Terra indo até dois meridianos consecutivos.  $L$  é o arco entre dois meridianos consecutivos medido sobre o Equador terrestre. A superfície delimitada por dois meridianos consecutivos compreende um fuso horário.



a) Quanto tempo o Sol gasta para passar a pino de um meridiano a outro?

b) Quantos graus compreende o ângulo  $A$ ?

c) Qual é o comprimento, em km, do arco  $L$ , já definido? Adote:  $\pi = 3$ .

3. (Enem) Sabe-se que a posição em que o Sol nasce ou se põe no horizonte muda de acordo com a estação do ano. Olhando em direção ao poente, por exemplo, para um observador no hemisfério sul, o Sol se põe mais à direita no inverno do que no verão. O fenômeno descrito deve-se à combinação de dois fatores: a inclinação do eixo de rotação terrestre e a:

- precessão do periélio terrestre.
- translação da Terra em torno do Sol.
- nutação do eixo de rotação da Terra.
- precessão do eixo de rotação da Terra.
- rotação da Terra em torno de seu próprio eixo.

4. Sabendo-se que devido ao movimento de translação da Terra ao redor do Sol e à inclinação do seu eixo de rotação de 23,5 graus em relação à perpendicular ao plano de sua órbita temos: as estações do ano, solstícios de verão e inverno no hemisfério norte (HN) e no hemisfério sul (HS) além dos equinócios de outono e primavera. Com base nestas informações, complete as frases abaixo.

- No HN ocorre o solstício de ..... quando o Sol está a pino no Trópico de Câncer.
- No HS ocorre o solstício de ..... quando o Sol está a pino no Trópico de Capricórnio.
- No HN ocorre o solstício de ..... quando o Sol está a pino no Trópico de Capricórnio.
- No HS ocorre o solstício de ..... quando o Sol está a pino no trópico de Câncer.

5. Assinale V para as sentenças verdadeiras e F para as sentenças falsas em relação à localização e orientação.

I - ( ) Quando o hemisfério sul recebe os raios solares perpendicularmente ao Trópico de Capricórnio, dizemos que está ocorrendo o solstício de inverno.

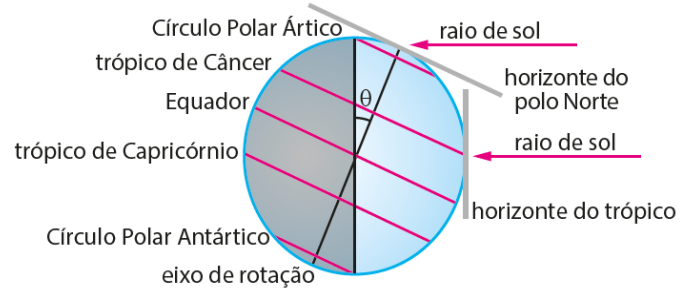
II - ( ) No dia em que os raios solares incidem perpendicularmente ao Equador, o dia e a noite têm 12 horas de duração em qualquer ponto do planeta.

III - ( ) O dia e a hora do início dos solstícios e dos equinócios variam de ano para ano; a duração das estações do ano, também.

IV - ( ) As coordenadas geográficas funcionam como “endereço” de qualquer localidade do planeta, sendo necessário serem conhecidas a latitude e longitude.

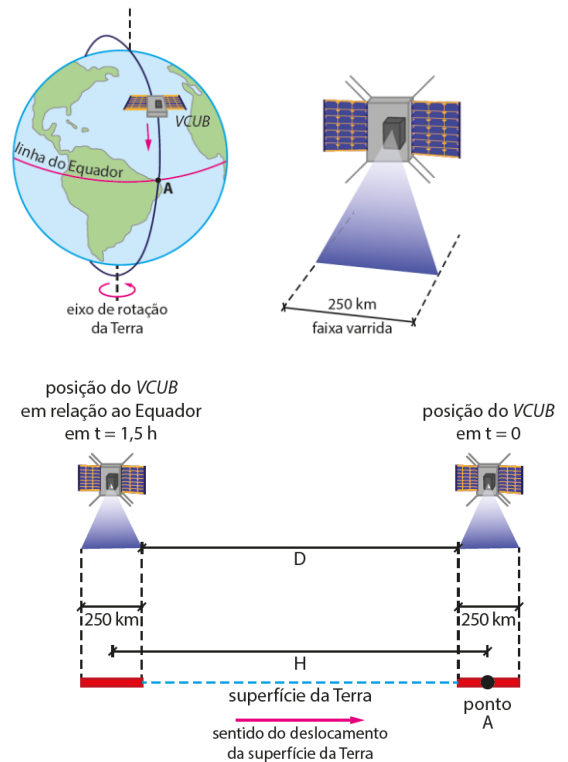
V - ( ) As regiões, situadas num mesmo fuso, adotam o mesmo horário. Nelas, as horas aumentam para oeste e diminuem para leste, de qualquer referencial adotado.

6. (OBA) Você sabe que as estações do ano são devidas à inclinação do eixo de rotação da Terra com relação à perpendicular ao plano da órbita terrestre. Esta inclinação, dada pelo ângulo  $\theta$  na figura a seguir, é de cerca de 23,5 graus. Anteriormente já discutimos a respeito dos equinócios e solstícios. Vimos que, à medida que a Terra se movimenta ao redor do Sol, ao longo do ano, o ângulo de incidência dos raios solares na superfície da Terra, em um dado lugar, vai se modificando. Por exemplo, apenas no solstício de verão do hemisfério sul, o Sol fica a pino (ao meio dia solar local) no trópico de Capricórnio. Vimos também que nos equinócios (instante em que se iniciam as estações primavera e outono) a parte diurna e a noturna do dia são iguais e o Sol fica a pino no Equador. Por outro lado, nos solstícios (instante em que se iniciam o verão e o inverno) a duração do período diurno é a mais longa do ano no hemisfério no qual o verão se inicia. Considere a figura a seguir, que representa a incidência dos raios solares sobre a Terra, em uma dada posição de sua órbita em torno do Sol. Repare que o eixo de rotação está inclinado de um ângulo  $\theta$  (cerca de 23,5 graus) em relação à vertical ao plano de translação. Repare ainda que a metade mais escura (à esquerda) é a parte que não recebe luz do Sol e a metade à direita é a região iluminada. Todas as perguntas abaixo são referentes ao fenômeno representado na figura ao lado.



- a) Que evento astronômico (solstício de verão ou de inverno ou equinócio de primavera ou de outono), em relação a que hemisfério, está sendo representado pela figura?
- b) Quais as estações do ano que estão se iniciando no hemisfério norte e no hemisfério sul?
- c) Qual a altura do Sol no polo norte, isto é, quantos graus ele se encontra acima do horizonte?
- d) Em que região da Terra o Sol está a pino ao meio-dia?
- e) O Sol é visível no polo sul? Caso não seja, qual a região de não visibilidade?
- f) O que ocorreria com as estações do ano se o ângulo  $\theta$  de inclinação do eixo de rotação da Terra fosse nulo, isto é, se o eixo fosse perpendicular ao plano de translação?

7. (Desafio) (OBA) A empresa Visiona Tecnologia Espacial S.A., de São José dos Campos, SP, está desenvolvendo o nanossatélite VCUB com 10 kg de massa. O principal objetivo do VCUB é obter imagens da superfície terrestre (sensoriamento remoto). Conforme mostrado na figura, o plano de órbita do satélite é perpendicular ao plano equatorial terrestre. O satélite orbita a 250 km de altitude, seu período orbital é de 1,5 h e ele “varre” uma faixa de 250 km da superfície da Terra.

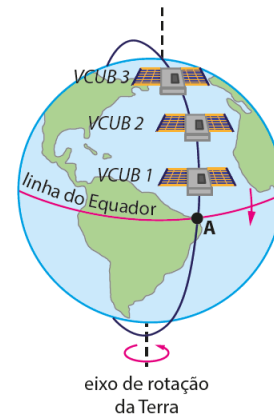


a) Suponha que um determinado ponto  $A$  fixo sobre a linha do Equador, está exatamente no centro da faixa “varrida” pelo sensor do VCUB quando ele cruza o plano do Equador. Considere este instante como sendo tempo  $t = 0$  s. No enunciado da questão foi dado o período do satélite, ou seja, quanto tempo ele leva para completar um giro em torno da Terra. Logo, na medida em que o VCUB gira em um plano perpendicular ao plano do Equador, a Terra também gira em torno do seu eixo de rotação. O plano da órbita do VCUB não muda, mas a superfície da Terra gira sob ele. Assim, ao completar uma órbita e passar novamente pelo plano do Equador, vindo do Norte para o Sul, a câmera do VCUB não estará mais sobre o ponto  $A$ , pois este se deslocou junto com a superfície da Terra. Calcule a distância  $H$  (em

km), indicada na figura, que o ponto  $A$  se afastou da sua posição inicial quando o VCUB cruzar o plano do Equador novamente. *Adote:* O perímetro da linha do Equador é de, aproximadamente, 40 000 km. O período de rotação da Terra é de 23h 56min 4s, mas para simplificar as contas suponha que seja de 24h.

**b)** Calcule a distância  $D$  (em km), indicada na figura do item anterior, medida ao longo da linha do Equador, que o VCUB deixou de monitorar entre duas passagens consecutivas.

**c)** Uma das consequências da rotação da Terra é que quando o VCUB volta a cruzar o plano do Equador, em  $t = 1,5$  h, ele deixa a distância  $D$ , sobre a linha do Equador, sem monitoramento. A solução proposta por um dos engenheiros da Visiona foi usar uma constelação de VCUBs, como indica a figura ao lado. De forma que depois que o primeiro satélite (VCUB 1) cruzar o plano do Equador, outro satélite (VCUB 2), na mesma órbita que o primeiro e logo atrás dele, cruze o plano do Equador um tempo depois, cobrindo os próximos 250 km e assim sucessivamente para os VCUB 3, VCUB 4 etc., até o VCUB 1 voltar a cruzar o plano do Equador novamente. Calcule quantos ( $N$ ) VCUBs serão necessários para cobrir toda a distância  $D$  numa única passagem completa desta constelação.



 @thiagopaulin

Materiais disponíveis em: [astro1.webnode.com](http://astro1.webnode.com)



Videoaula – As estações  
do ano



Resoluções dos exercícios