

## UM MODELO TRIDIMENSIONAL DAS ESTAÇÕES DO ANO

### A THREE DIMENSIONAL MODEL OF SEASONS OF YEAR

Mônica Sayuri Kitagawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Colégio São Sebastião, monica\_astro@yahoo.com.br

#### Resumo

*Neste trabalho mostraremos as etapas de construção de um modelo tridimensional da órbita do planeta Terra, destacando as posições dos equinócios e solstícios que marcam o início das estações do ano. Este modelo será bastante útil no auxílio da explicação das estações do ano, pois muitos estudos mostram que este assunto é palco de muitos erros conceituais. Um exemplo seria considerar a órbita da Terra exageradamente excêntrica, motivando a distância entre o planeta Terra e o Sol como fator determinante para a existência do verão e inverno para o nosso planeta. Uma das vantagens de se utilizar o modelo tridimensional é poder visualizar a órbita terrestre de diferentes pontos de observação. O professor poderá incliná-lo em diversas posições, sendo mais interessante a visualização superior e inclinada em relação à órbita terrestre, nesta última, a aparência é aparentemente muito excêntrica por causa da perspectiva. Também fizemos um quadro comparativo das estações do ano para os planetas do Sistema Solar, por exemplo, a distância de Marte ao Sol se torna importante no inverno e verão pelo fato deste planeta possuir uma órbita excêntrica. Com o modelo tridimensional e a tabela, o professor terá ferramentas que irá ajudá-lo na explicação sobre as estações do ano.*

**Palavras-chave:** estações do ano; Terra

#### Abstract

*In this study we'll show the steps of building a three-dimensional model of the orbit of Earth, highlighting the positions of the equinoxes and solstices that mark the beginning of the season. This model will be useful in helping to explain the seasons, many studies show that this subject is host to many misconceptions. An example would consider overly eccentric orbit around the Earth, resulting in the distance between Earth and Sun as a determining factor for the existence of summer and winter for our planet. One of the advantages of using three-dimensional model is able to view the Earth's orbit from different vantage points. The teacher can tilt it in different positions, being more interesting viewing and more inclined to the orbit, the latter, the apparent orbit is very eccentric because of the prospect. We also did a comparative table of the seasons to the planets of the Solar System, for example, the distance between Mars and Sun becomes important in winter and summer because this planet has an eccentric orbit. With the three-dimensional model and the table, the teacher will have tools that will help you in explanation of seasons of the year*

**Keywords:** seasons of year; Earth

## MOTIVAÇÕES

Diversas pesquisas, segundo Langhi (2004), mostraram que a noção sobre as estações do ano é uma das concepções alternativas mais comuns percebidas entre alunos e professores. Nesta concepção, as estações do ano são consequência da aproximação e afastamento da Terra em relação ao Sol. Além disso, conforme os estudos citados por Langhi<sup>1</sup> (2004), muitos livros didáticos explicam erroneamente as causas das estações do ano, ratificando as concepções alternativas existentes. Ademais, um desses livros possuía uma ilustração em que a órbita terrestre aparecia exageradamente elíptica. Esse tema também está em evidência no PCN do Ensino Fundamental (quarto ciclo) com um parágrafo dedicado aos erros conceituais:

Muitos esquemas errôneos divulgados em livros escolares atribuem a existência das diferentes estações do ano à variação das distâncias entre a Terra e o Sol. Essa variação das distâncias é pouco significativa, o que invalida essa explicação. O que explica as estações do ano alternadas nos dois hemisférios é o fato de a Terra ter seu eixo inclinado em relação à sua trajetória em torno do Sol. Assim, quando o Trópico de Câncer recebe os raios de Sol mais perpendicularmente e o Trópico de Capricórnio mais inclinadamente, é verão no hemisfério Norte e inverno no hemisfério Sul. Após seis meses, a situação se inverte, e as estações também. Nas situações intermediárias, o Equador recebe a luz do Sol perpendicularmente e os dois trópicos, mais inclinadamente. São as estações de primavera e outono, também invertidas nos dois hemisférios pelo esquentamento e resfriamento da atmosfera em relação ao inverno e verão respectivos. (Brasil, 1998)

A situação se agrava pelo fato de professores utilizarem esses livros didáticos como fonte de consulta, transmitindo os erros para os alunos.

Segundo Leite e Hosoume (2009) as ilustrações contidas nos livros didáticos e esquemas desenhados no quadro negro nas aulas tradicionais não proporcionam uma visão tridimensional dos elementos da astronomia e, conseqüentemente, podem levar a construção de erros de conceitos, relações e dimensões. E ainda, as pesquisas feitas por Leite e Hosoume (2007) mostram que a compreensão dos conteúdos de Astronomia exigem visão espacial, em termos de profundidade, tamanhos ou distâncias relativos.

Para auxiliar o entendimento das causas das estações do ano na Terra, propomos um modelo tridimensional baseado no trabalho de Eckroth (2003). Dada a importância da visão tridimensional mencionado pelos autores citados, preferimos construir um modelo tridimensional para modelos astronômicos, porque nessas construções é possível observar posições aparentes de um objeto para pontos de observações diferentes (Brasil, 1998). Esse modelo é bastante simples e utiliza materiais de baixo custo onde o professor poderá levar à sala de aula para facilitar o entendimento dos alunos e também elucidar alguns erros conceituais como veremos posteriormente.

---

<sup>1</sup> PAULA, A.S.P.; OLIVEIRA, H. J. Q. Análises e propostas para o ensino de Astronomia  
BIZZO, N. Et al. Graves erros de conceito em livros didáticos de ciências. *Ciência Hoje*, 121 (21): 26-35, jun, 1996

## CONSTRUINDO O MODELO

### **Materiais:**

- 4 bolas de isopor (foi utilizado de 125 mm)
- 2 m de arame grosso
- alfinetes coloridos
- tintas acrílica verde, vermelho, amarelo, azul, branco e preto
- canetas coloridas
- pincéis
- pedaços de barbante

Os materiais utilizados são baratos e facilmente encontrados em papelarias, e o arame grosso em loja de materiais de construção.

### **Montagem do modelo**



**foto 1:** Para marcar um ponto de referência, encaixe um alfinete na junção da bola de isopor. Neste caso, será o polo Norte.



**foto 2:** Prenda com nó um pedaço de barbante no alfinete para ajudar fazer as marcações necessárias (as descrições sobre as medidas estarão mais a diante)



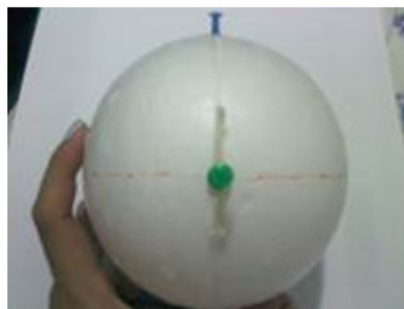
**foto 3:** Encaixe o alfinete com o barbante no local indicado pela foto 1. Faça tracejados em toda volta da bola, a ponta do barbante indica onde deve ser marcado



**foto 4:** A bola de isopor com as marcações em laranja na horizontal, será a linha do Equador.

Devemos considerar, na montagem, que o eixo de rotação está inclinado de aproximadamente  $23,5^\circ$  (ver ilustração 1) em relação à linha perpendicular ao plano da órbita em torno do Sol (Boczko e Leister, 2000). Em alguns livros didáticos só está escrito que a inclinação do eixo de rotação da Terra possui o valor de  $23,5^\circ$  sem mencionar qual o referencial utilizado, na ilustração 1 está desenhado os

referenciais utilizados. Esse valor também é o mesmo para o ângulo entre o plano da órbita com a linha do Equador. Para marcar os pontos onde o arame vai passar, ou seja a interseção entre a bola de isopor com o plano da órbita, foram feitos os passos da foto 5 e 6.

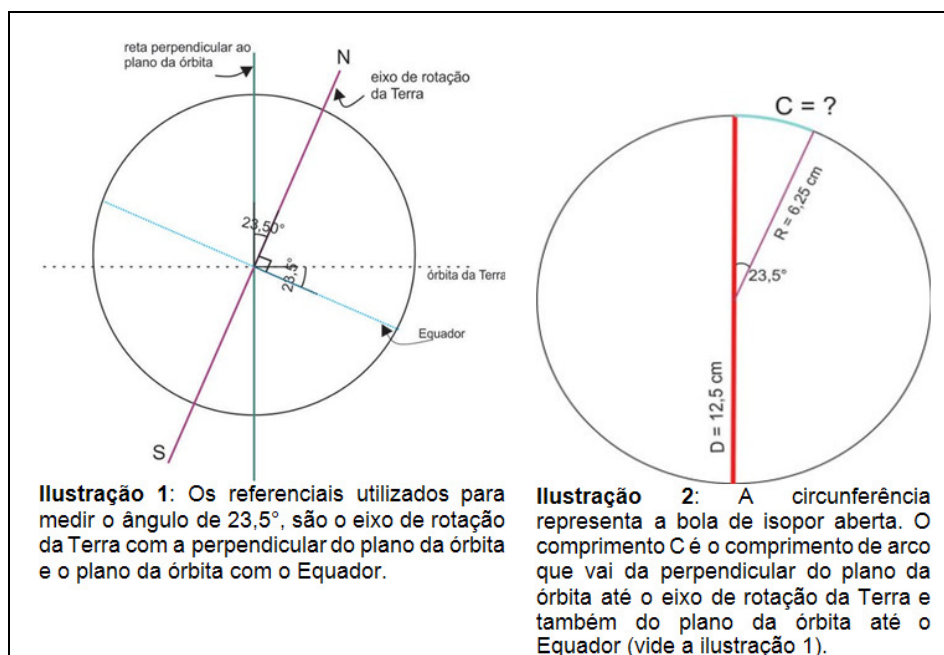


**foto 5:** Prenda o outro alfinete com o barbante na interseção da linha do Equador e da junção da bola. Marque com a caneta colorida. Faça o mesmo no lado oposto, só que marque no hemisfério Sul.



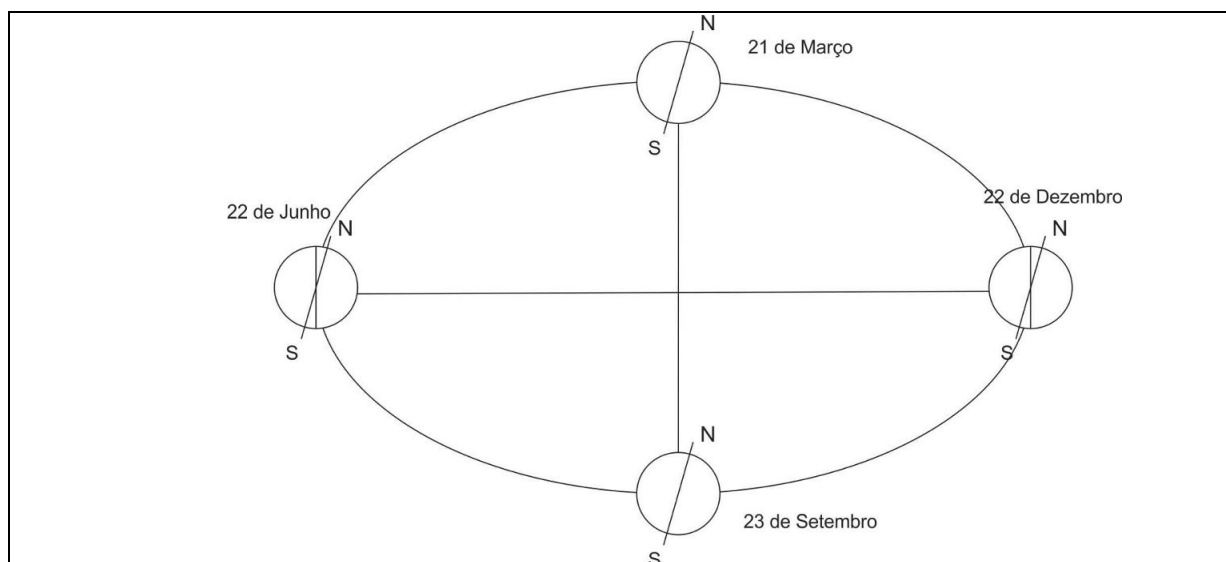
**foto 6:** O ponto está marcado em roxo. O ponto em questão é onde o arame irá passar. O arame representa a órbita da Terra em torno do Sol. Repita esses passos para as 4 bolas.

A medida dos barbantes vai depender do tamanho da bola de isopor utilizada, no nosso caso foi de 125 mm (medida do fabricante), esse valor é duas vezes o raio da bola. A medida do barbante é a medida do comprimento de arco  $C$  na ilustração 2.



Para calcular o comprimento  $C$ , foi utilizado geometria simples.

A montagem das quatro bolas e do arame foi baseada na ilustração 3 e 4.



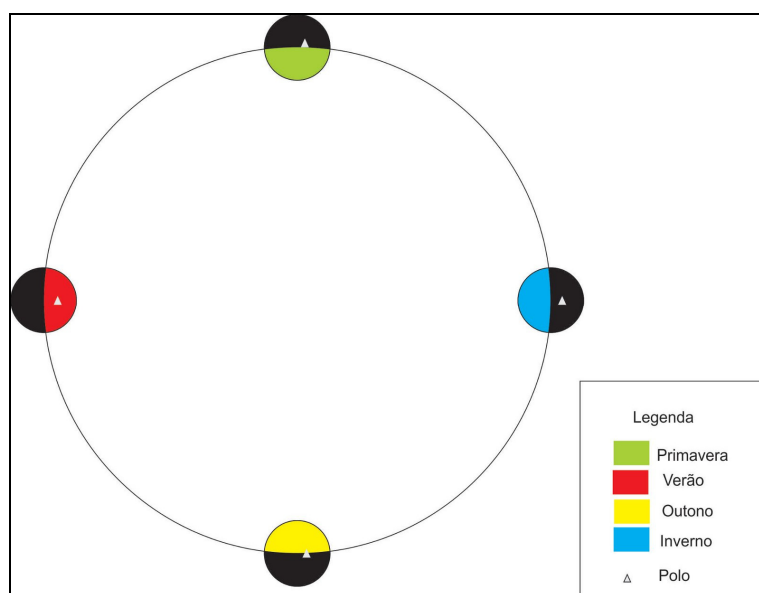
**Ilustração 3** mostra a posição do planeta Terra no início das estações do ano.

Percebam na ilustração 3 que o plano da órbita terrestre está inclinada dando a impressão que a órbita é muito excêntrica (na verdade ela pode ser considerada circular) e que os eixos Norte/Sul estão na mesma direção nas quatro posições indicadas.

Cada bola de isopor foi posicionada nos solstícios (22 de Junho e 22 de Dezembro) e equinócios (21 de Março e 23 de Setembro) e foram pintadas conforme as cores indicadas na Ilustração 4. Essas datas correspondem ao início das estações do ano, onde na noite mais longa inicia-se o inverno (solstício de inverno), e na mais curta, o verão (solstício de verão). A duração do dia e da noite são iguais duas vezes por ano, correspondendo ao início do outono e da primavera (equinócio de outono e equinócio de primavera, respectivamente).

Para o outro hemisfério, as estações do ano são as opostas as da ilustração 4, portanto se para um hemisfério for verão, para o outro será inverno; e se um for primavera o outro será outono. A região próxima do Equador foi destacado com a cor rosa e a região de noite com a cor preta. A região do Equador recebem os raios de Sol perpendicularmente à superfície, por isso não há variação nas estações. As bolas de isopor depois de pintadas foram encaixadas no arame no formato circular conforme a foto 7.

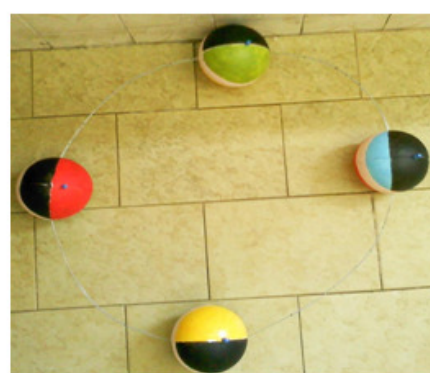
Conforme explicado por Eckroth (2003), o professor deve mostrar este aparato como mostrado na foto 8 e então, inclinar lentamente para a posição da foto 7, enfatizando que a segunda posição aparentemente mostra uma órbita muito elíptica que se deve somente a perspectiva de uma órbita quase perfeitamente circular. Esse tipo de demonstração também está descrito no PCN do Ensino Fundamental do quarto ciclo, onde deve dar atenção para as diferentes posições aparentes de um objeto a partir de pontos de observação diferentes (Brasil, 1998).



**Ilustração 4:** Observe que plano da órbita terrestre é frontal, portanto só mostra as estações do ano para um único hemisfério. A região escura é de noite. As cores na legenda foram utilizadas para pintar as regiões correspondentes para cada bola de isopor.



**Foto 7:** As 4 bolas foram pintadas com as cores correspondentes à ilustração 4 e encaixadas no arame. Observe que as regiões em verde e amarelo (primavera e outono) possuem áreas iguais. A região vermelha (verão) é maior que a azul (inverno). É importante ressaltar que o eixo Norte - Sul (eixo de rotação) das 4 bolas estão na mesma direção, o que pode ser verificado pelas posições dos alfinetes.



**Foto 8:** Visão superior em relação à órbita terrestre, semelhante à ilustração 4.

O professor poderá estender a explicação das estações do ano para outros planetas do Sistema Solar e fazer uma comparação com a Terra.

Há duas causas para as estações do ano nos planetas: a inclinação do eixo de rotação e a órbita ao redor do Sol (Harvey, 2000). No caso do nosso planeta, a órbita é quase circular, então há um efeito muito pequeno no nosso clima (Harvey, 2000), assim, a inclinação do eixo de rotação que causa quase todas as mudanças sazonais de nosso planeta (NASA, 2000), mas nos outros planetas de órbita mais excêntrica esse fator se torna importante. Abaixo temos um quadro comparativo entre os planetas do Sistema Solar.

**Quadro 1:** Estações do ano nos planetas do Sistema Solar

Planeta	excentricidade	Inclinação (graus)	Equinócio de primavera	Solstício de verão	Equinócio de Outono	Solstício de inverno
Mercúrio	0,21	< 28	N/a	N/a	N/a	N/a
Vênus	0,01	3	24/02	01/04	28/05	22/07
Terra	0,02	23,5	20/03	21/06	23/09	21/12
Marte	0,09	24	31/05	16/12	12/06	02/11
Júpiter	0,05	3	Agosto 1997	Maio 2000	Março 2003	Março 2006
Saturno	0,06	26,75	1980	1987	1995	2002
Urano	0,05	82	1922	1943	1964	1985
Netuno	0,01	28,5	1880	1921	1962	2003

Nota: as datas se referem ao hemisfério Norte. Fonte: Nasa

Com esses dados podemos listar algumas características peculiares de alguns planetas segundo Harvey (2000) e Nasa (2000), assim o professor pode introduzir alguns conceitos físicos para os alunos, por exemplo, distância, temperatura e pressão, fazendo um ponto interdisciplinar com a Física.

Mercúrio rotaciona 3 vezes em 2 dos seus anos e possui a alta excentricidade orbital, juntando esses fatores é impossível predizer quando começa ou termina uma estação; é o planeta do Sistema Solar que possui a maior variação de temperatura entre o dia (700 K) e a noite (90 K).

Vênus e Júpiter possuem a menor inclinação do eixo de rotação, cerca de 3°, e portanto há pequena diferença entre as estações, contudo, Júpiter possui maior raio orbital e conseqüentemente as estações mudam lentamente.

Marte possui alta excentricidade, a sua distância ao Sol varia 1,64 e 1,36 UA, combinado com a grande inclinação do eixo de rotação produz um forte efeito nas estações, uma das características é a variação da pressão atmosférica no inverno que é 25% menor do que no verão.

## CONCLUSÕES

O uso desse modelo tridimensional ajudará a elucidar alguns erros conceituais, por exemplo, a órbita extremamente elíptica mostrado em ilustrações de livros didáticos, a questão da distância ser importante nas estações terrestres, além de facilitar a visualização da posição da Terra nos equinócios e solstícios.

A discussão sobre as estações do ano também poderá ser estendida para outros planetas do Sistema Solar, em que os alunos poderão comparar vários fatores que influenciam a mudança nas estações, enfatizando que a distância de determinado planeta ao Sol pode ser importante nas diferenças climáticas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOCZKO, R.; LEISTER, N. V. Astronomia Clássica. In: FRIAÇA, A. C. S. Et al (org.) Astronomia Uma Visão Geral do Universo. São Paulo: Edusp, 2000

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais : Ciências Naturais / Secretaria de Educação Fundamental. - Brasília : MEC / SEF, 1998.

ECKROTH, C. A. The Earth's Seasons in 3-D – Part I. In: SLATER, T. F; ZELIK, M. (ed.) Insights into the Universe. U.S.A: American Association of Physics Teachers, 2003

HARVEY, S. Planetary Seasons. Disponível em <[http://www.nasa.gov/audience/foreducators/postsecondary/features/F\\_Planet\\_Seasons.html](http://www.nasa.gov/audience/foreducators/postsecondary/features/F_Planet_Seasons.html)> Acesso em 22 Fevereiro de 2012

LANGHI, R. Um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do ensino fundamental. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências, UNESP, 2004.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. Explorando a dimensão espacial na pesquisa em ensino de astronomia. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol.8 Nº3 (2009)

LEITE, C.; HOSOUME, Y. Os professores de Ciências e suas formas de pensar a astronomia. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia-RELEA, 2007.

NASA. Disponível em <<http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/interplanetaryseasons>> Acesso em 22 Fevereiro de 2012